

# GÉP

## A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET

műszaki, vállalkozási, befektetési, értékesítési, kutatás-fejlesztési, piaci információs folyóirata

### SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Dr. Döbröczeni Ádám  
elnök

Dr. Kálmán András  
főszerkesztő

Dr. Péter József  
Dr. Szabó Szilárd  
főszerkesztő-helyettesek

Dr. Barkóczi István  
Bányai Zoltán  
Dr. Beke János  
Dr. Bercsey Tibor  
Dr. Bukoveczky György  
Dr. Czitán Gábor  
Dr. Danyi József  
Dr. Dudás Illés  
Dr. Gáti József  
Dr. Horváth Sándor  
Dr. Illés Béla  
Dr. Jármái Károly  
Kármán Antal  
Dr. Kulcsár Béla  
Dr. Kalmár Ferenc  
Dr. Orbán Ferenc  
Dr. Pálincás István  
Dr. Patkó Gyula  
Dr. Péter László  
Dr. Penninger Antal  
Dr. Rittinger János  
Dr. Szabó István  
Dr. Szántó Jenő  
Dr. Tímár Imre  
Dr. Tóth László  
Dr. Varga Emilné Dr. Szűcs Edit

A számot szerkesztette:  
Dr. Bukoveczky György



Keviczky László  
akadémikus

**SZÉCHENYI ISTVÁN  
EGYETEM, MŰSZAKI  
TUDOMÁNYI KAR  
„INFRASTRUKTURÁLIS  
RENDSZEREK”  
MULTIDISZCIPLINÁRIS  
MŰSZAKI TUDOMÁNYI  
DOKTORI ISKOLA**



Kóczy T. László  
DSc

A Széchenyi István Egyetem 2002-ben alakult meg. A Műszaki Tudományi Kar közvetlen elődje az ország egyik legnagyobb műszaki főiskolája volt, mely széles oktatási palettával (építés- és építőmérnök, gépészmérnök, környezetmérnök, közlekedésmérnök, mérnök- és gazdasági informatikus, mérnök-tanár, műszaki menedzser, villamosmérnök) és sokrétű ipari kapcsolatrendszerrel rendelkezett. A szakterületek több évtizedes szoros együttműködése miatt a MAB tanácsára a mérnöki területeken egy egységes egyetemi kar létesült „Műszaki Tudományi Kar” néven.

A folyamat logikáját követve a műszaki területeken egyetlen multidiszciplináris doktori iskola létesült „Infrastrukturális Rendszerek” Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola néven. A doktori iskola vezetője Keviczky László akadémikus lett. A Doktori Iskola a Kar szerkezetének és hagyományainak, valamint a felmérhető igényeknek megfelelően tevékenységét elsősorban a következő tudományágakban folytatja:

- építőmérnöki tudományok (vezető: Gáspár László, DSc)
- informatikai tudományok (vezető: Kóczy T. László, DSc)
- közlekedéstudományok (vezető: Bakó András, DSc)

Az iskola 2005 őszén vette fel első diákjait. Évről évre 20-30 között változott a felvételt nyert hallgatók száma. Köztük mára már a legjelentősebb csoportot a mesterképzésből kikerülő hallgatók jelentik, ami jelzi, hogy fiatal egyetemünk az összes képzési szinten aktív.

A gyakorlat azt is megmutatta, hogy a multidiszciplináris jelleg nemcsak a múlt, hanem a jövő útja is: bár minden hallgató a fenti három terület egyikéhez tartozik, de a legutóbbi felmérés szerint a kutatási témák mintegy fele legalább egyiket a másik két terület közül érdeklődésben érinti.

Mára öt sikeres védelem történt meg, és 16 doktori cselekmény van folyamatban, így várhatóan rövidesen évi 10 körül értéken stabilizálódik a fokozatszerzések száma.

A következő évek feladatai közt – a normál működési rend folytatásán túl – a szakágak rendszerének átgondolt, kismértékű bővítése (pl. a gépész- és villamosmérnöki területeken), a nemzetközi kapcsolatrendszer kiszélesítése, idegen nyelvű képzés megindítása szerepel az első helyen.

A szerkesztésért felelős: Dr. Kálmán András. A szerkesztőség címe: 3529 Miskolc, Budai József u. 46.

Telefon/fax: (46) 325-504, 20/9358-812 • e-mail: kaetsa@t-online.hu

Kiadja a Gépipari Tudományos Egyesület, 1027 Budapest, Fő u. 68. Levélcím: 1371 Bp. Pf.: 433.

Telefon: 202-0656, fax: 202-0252, e-mail: a.gaby@gteportal.eu, internet: www.gte.mtesz.hu

A GÉP Internetcíme: <http://members.chello.hu/cokom/>

Kereskedelmi és Hitelbank: 10200830-32310236-00000000

Felelős kiadó: Dr. Igaz Jenő ügyvezető igazgató.

Gazdász Nyomda Kft. 3534 Miskolc, Szervezet u. 67. Tel.: (46)379-530, e-mail: gazdasz@chello.hu. Felelős vezető: Vesza József

Előfizetésben terjeszti a Magyar Posta Rt. Hírlap Üzletága 1008 Budapest, Orczy tér 1.

Előfizethető valamennyi postán, kézbesítőkénél, e-mailen: [hirlapelofizetes@posta.hu](mailto:hirlapelofizetes@posta.hu), faxon: 303-3440. További információ: 06 80/444-444

Egy szám ára: 1000 Ft + áfa. Dupla szám ára: 2000 Ft + áfa.

Előfizetés negyedévre: 3000 Ft + áfa, fél évre: 6000 Ft + áfa, egy évre: 12 000 Ft + áfa.

Külföldön terjeszti a Kultúra Könyv és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat,

H-1389 Budapest, Pf. 149. és a Magyar Média, H-1392 Budapest, Pf. 272.

Előfizethető még közvetlenül a szerkesztőségben is.

INDEX: 25 343 ISSN 0016-8572

A megjelent cikkek lektoráltak.

# TARTALOM

1. Dudás A., Dreyer, R. M.:  
**Korszerű vizsgálómotor fejlesztése és koncepcionális terve .....3**  
*Napjaink egyik legfontosabb kihívása a motorok mechanikai veszteségeinek csökkentése. Ez okból döntött az AUDI Hungaria Belső Égésű Motorok Tanszék egy modern vizsgálómotor koncepciójának kidolgozása mellett. A cikk megvizsgálja a manapság elterjedt konstrukciókat, feltárja a motorok kritikus pontjait és felkutatja ezen helyek vizsgálatának lehetőségeit.*
2. Hatwágner F. M.; Horváth A.:  
**Hibakezelési stratégiák párhuzamos genetikusan algoritmusokhoz .....7**  
*A genetikusan algoritmusokat széles körben használják műszaki optimalizációs problémák megoldására. Az ilyen feladatok gyakran nagy számításigényűek, ezért a számítógépek párhuzamosítása elengedhetetlen követelmény. A genetikusan algoritmusok eleget tesznek a párhuzamosítási feltételnek, így a mester-szolga modell alapján a feladatok a rendelkezésre álló számítógépek között szétoszthatók.*
3. Jósvai J., Dr. Kardos K., Dr. Horváth Z.:  
**Termelési folyamat modellezése és tervezése szimulációs eljárással, szerelési folyamat optimalizációja ..... 14**  
*Szerző a termelési program szimulációs technológia segítségével történő létrehozásával foglalkozik olyan környezetben, ahol számos terméket nagy variációs számban állítanak elő. A cikk címe a diszkrét eseményorientált szimulációs technológiára utal, amelynek segítségével az anyagáramlás és a termelési folyamat modellezésre kerül.*
4. Kormány E., Dr. Bakó A.:  
**A vállalati környezetpolitika informatikai támogatási lehetőségei .....20**  
*A cikk egy olyan konkrét információs eszközt mutat be, amely lehetővé teszi, hogy az üzleti modellek környezeti hatásai tudatosak és átláthatók, a vállalati irányítási folyamatok mérhetőek legyenek, és hatékony informatikai segítséget nyújtsanak a környezetközpontú igazgatási tevékenységhez.*
5. Solecki L., Dr. Réti T.:  
**Belső borda mérése koordináta mérőgéppel .....30**  
*Szerző egy olyan mérési és kiértékelési eljárást ismertet, amellyel meg lehet határozni a belső bordafelület összes fontos geometriai jellemzőjét. A feladat nehézsége az involut profil, a kis méret és a rossz hozzáférhetőség következménye. Mind a koordináta mérőgépes mérés, mind a kiértékelés idő- és munkaigényes, de egyedi mérés esetén nincs más mérési lehetőség.*
6. Tancsics F., Dr. Halbritter E.:  
**A súrlódási tényező újszerű meghatározása és felhasználása a Pro/Engineer és MathCAD szoftverek segítségével .....34**  
*A cikk a súrlódási tényező egy egyszerűsített meghatározási módját mutatja be a zömített tömör hengeres test deformációja alapján, egy kinematikailag megengedett sebességmező felhasználásával, majd a módszer felhasználási lehetőségeivel foglalkozik.*
7. Titrik, A., Dr. Nagy V.:  
**A városi közlekedés fizikai és info-kommunikációs akadálymentesítési rendszerének identifikációja .....43**  
*Magyarország EU-hoz való csatlakozása óta az akadálymentesítési feladatok megoldása nem csak hazai érdek, hanem EU-s előírás is. A közlekedők számára olyan optimalizáló alkalmazást kell feltárni, amely alkalmazásával a hátrányos helyzetűek utazás során felmerülő közlekedési nehézségei csökkennek.*

## A megjelent cikkeket lektorálták:

Dr. Bencsik Attila  
egyetem docens, Óbudai Egyetem

Dr. Kovács György  
egyetemi docens, Miskolci Egyetem

Dr. Palásti Kovács Béla  
egyetemi docens, Óbudai Egyetem

Dr. Sasvári Ferenc  
egyetemi docens, Miskolci Egyetem

Dr. Szabó Ferenc  
egyetemi docens, Miskolci Egyetem

*A gondos és szakmailag korrekt lektori munkát a szerkesztőbizottság ezúton is megköszöni.*

A GÉP folyóirat Szerkesztő Bizottsága megrendülten tudatja, hogy a Lap – évtizedeken át – felelős szerkesztője, Dr. Kálmán András okleveles gépészmérnök 2010 október 14-én tragikus hirtelenséggel elhunyt. Dr. Kálmán Andrásról a GÉP folyóiratban emlékezünk majd meg.

*Szerkesztő Bizottság*

# KORSZERŰ VIZSGÁLÓMOTOR FEJLESZTÉSE ÉS KONCEPCIONÁLIS TERVE

## DEVELOPMENT AND CONCEPT OF A MODERN TEST ENGINE

Dudás Alexander\*, Dreyer Roman Mathias\*\*

### ABSTRACT

Thanks to latest emission restrictions and customer needs is the further development of combustion engines indispensable. The obviously controversial demands are forcing the industry in the direction of increasing efficiency. Decreasing mechanical losses is the main challenge of engine developers these days. This task needs the right tool. For this reason the AUDI Hungaria Department for Combustion Engines decided to develop a modern test engine. The article analyzes the commonly used constructions, their positive properties and drawbacks, identifies the sources of mechanical losses in the engine and the opportunities of measuring them. Aim of the article is to create a concept for a modern test engine.

### ÖSSZEFOGLALÓ

A legújabb emissziós előírások és vásárlói igények okán a belső égésű motorok továbbfejlesztése elengedhetetlen. A nyilvánvalóan ellentétes követelmények a hatásfoknövelés irányába kényszerítik az ipari fejlesztést. Kézenfekvő követelmény a motorok mechanikai veszteségeinek csökkentése. Ezen feladat azonban egy megfelelő szerszámot igényel. Ez okból döntött az AUDI Hungaria Belső Égésű Motorok Tanszék egy modern vizsgálómotor kifejlesztése mellett. A cikk megvizsgálja a manapság elterjedt konstrukciókat, elemzi előnyeiket és hátrányaikat, beazonosítja a motorok kritikus pontjait és felkutatja ezen helyek vizsgálatának lehetőségeit. Végezetül a cikk felállítja egy korszerű vizsgálómotor alapkoncepcióját.

Kulcsszavak: vizsgálómotor, mechanikai hatásfok, súrlódás, CO<sub>2</sub>-kibocsátás, komponensfejlesztés, RNT

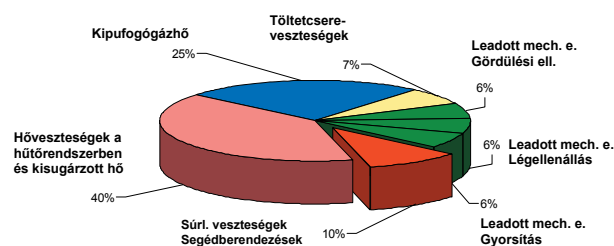
\*doktorandusz, egyetemi tanársegéd. Széchenyi István Egyetem Audi Hungaria Belső Égésű Motorok Tanszék, 9026 Győr, Egyetem tér 1., tel.:+36 96 503491, fax: +36 96 613677, e-mail: extern.alexander.dudas@audi.hu

\*\*témavezető, PhD, Egyetemi docens, tanszékvezető. Széchenyi István Egyetem Audi Hungaria Belső Égésű Motorok Tanszék, 9026 Győr, Egyetem tér 1., tel.:+36 96 503491, fax: +36 96 613677, e-mail: mathiasroman.dreyer@audi.hu

### BEVEZETÉS

A közúti közlekedés szinte kizárólagos erőforrása ma is az a térfogat-kiszorítás elvén működő dugattyús hőerőgép, amelynek fejlesztésével már közel másfél évszázada foglalkoznak a szakemberek. Ez az évszázados fejlesztési munka és a közben szerzett kísérleti tapasztalatok tették lehetővé, hogy a járműmotorok egészen napjainkig meg tudtak felelni az egyre növekvő teljesítmény igényeknek és egyúttal be tudták tartani az egyre szigorodó környezetvédelmi követelményeket is. Teljesen új kihívást jelent azonban az Európai Unió Bizottsága által megfogalmazott állásfoglalás, amely az autógyártók számára a következő években kötelezően végrehajtandó, rendkívül radikális mértékű CO<sub>2</sub>-kibocsátás csökkentést ír elő. A CO<sub>2</sub>-kibocsátással ekvivalens motorikus fogyasztáscsökkentés csak és kizárólag a motorban lejátszódó energia-átalakulás során fellépő különféle veszteségek csökkentése révén, más szóval a hatásfok javításával érhető el. Míg az indikált hatásfok a belső motorikus folyamatok optimalizálásával, addig a mechanikai hatásfok elsősorban a mechanikai, a súrlódási veszteségek csökkentése révén javítható.

A győri Széchenyi István Egyetem, AUDI Hungaria Belső Égésű Motorok Tanszéken kialakítandó kísérleti bázison olyan mérés-sorozatokat elvégzése szerepel a jövőbeni tervek között, melyek eredményei alapján lehetőség nyílik különböző konstrukciós és technológiai paraméterek mechanikai veszteségekre gyakorolt hatásának értékelésére.



1. ábra, A jármű veszteségei [1]

A vizsgálatok elvégzésére egy olyan egyedi kialakítású kísérleti egyhengeres motorra van szükség, amelyben meg kell teremteni az alapvető konstrukciós paraméterek, (furat, löket, kompresszió-viszony) és a legfontosabb üzemi paraméterek (feltöltési nyomás, olaj- és

hűtővíz-hőmérsékletek) széles határok közötti változtatásának lehetőségét. A motorüzemben vagy külső hajtás üzemmódban a potenciált alkatrészek (pl.: henger, szelepszár, csészés szelepemelő, stb.) felületén fellépő súrlódó erők mérésének lehetőségét éppúgy biztosítani kell, mint külső hajtás esetén a hajtási nyomaték értékének nagy pontosságú meghatározását.

## 2. ALKALMAZÁSI TERÜLETEK

A tervezett vizsgálómotor a jövőben a komponensfejlesztés számos területén kerül alkalmazásra. Ezen motor segítségével a különböző módon kialakított és felületkezelt motorkomponenseken jelentkező mechanikai veszteségek és kopási jelenségek valós idejű vizsgálatára nyílik lehetőség. A motoron mind hagyományos mérési eljárások (pl.: külső hajtásos veszteségmérés), mind szenzoros, illetve korszerű radioaktív kopásmérési eljárások (RNT) alkalmazása is lehetséges.

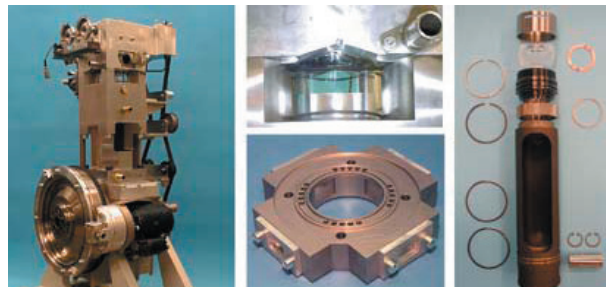
A radionuklid technológia (RNT) kiemelt szerepet játszik a jövőben a motorkomponensek kopásvizsgálatai során. Az RNT lényege, hogy a vizsgálni kívánt alkatrész súrlódó felületét különböző radioaktív sugárzással aktiválják pontosan meghatározott mélységben és minőségben. Üzem közben az alkatrészről kopás folytán leváló radioaktív részecskék aktivitását a kenőolajban mérhetjük, az aktivitásváltozás mértékéből pedig következtethetünk a levált anyagmennyiségre, ennek ismeretében pedig meghatározható a kopás. Az eljárás legnagyobb előnye, hogy a mérés online jellegű, tehát a különböző munkapontok között szükségtelen a vizsgált motor szétszerelése és szemrevételezése. Az RNT eljárás gyors, költséghatékony és többletinformációkat szolgáltat a hagyományos kopásvizsgálatokhoz képest.

A vizsgálómotor elsősorban a tanszék kutatómunkájában hivatott részt venni, ám külső megbízásokat és K+F jellegű munkákat is szolgálhat. További alkalmazási területet képvisel a Formula Student program. A vizsgálómotort a Széchenyi István Egyetem hallgatói motorfejlesztő csapatának modelljével párhuzamosan fejlesztik. Ezen folyamatban a hallgatók gyakorlati tapasztalatokra tehetnek szert, továbbá a két konstrukció számos közös tulajdonsággal rendelkezik, ezáltal kedvező szinten tarthatóak a felmerülő költségek.

## 3. MEGLÉVŐ KONSTRUKCIÓK

A motorfejlesztő vállalatok körében általános a Vizsgálómotorok alkalmazása. Ezek kifejezetten sokoldalú, moduláris szerkezetű konstrukciók, így számos variációt hozhatunk létre velük rövid idő alatt. A modern vizsgálómotorok esetében nem jelent gondot az Otto-üzemről Diesel-üzemre való átállás, a furat, löket, hajtórúd-hossz, segédberendezések és azok hajtásának, a szelepezérlés és kiegyenlítő-tengelyek átalakítása, cseréje. Léteznek

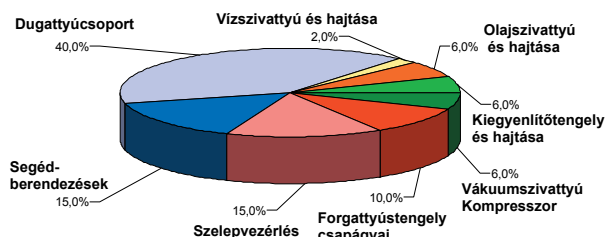
olyan konstrukciók, melyekben átlátszó alkotóelemek segítségével lehetővé válik az égési folyamat és belső áramlási folyamatok rögzítése. Ezen opció lehetővé teszi a motorok égési és áramlási (LDA, PIV eljárások) folyamatainak optimalizálását. Számos járműgyártó rendelkezik saját fejlesztésű vizsgálmotorral, melyeket a motor- és komponensfejlesztésben használnak, ám több szakosodott gyártó (AVL, FEV, stb.) kínál hasonló motorokat.



2. ábra, FEV egyhengeres vizsgálómotor átlátszó hengerfallal [2]

## 4. VESZTESÉGEK ÉS AZOK KELETKEZÉSI HELYE A BELSŐ ÉGÉSŰ MOTORBAN

Ahhoz, hogy meghatározhassuk a belső égésű motorban keletkező veszteségek mértékét, elengedhetetlen ezek keletkezési helyének beazonosítása.



3. ábra, Mechanikai veszteségek a belső égésű motorban [1]

A 3. ábrán a mechanikai veszteségeket láthatjuk. Mint ahogyan a diagramról is leolvasható, a veszteségek 40%-a dugattyú-elemcsoponton keletkezik. Ezen veszteség jelentős hányadát a dugattyúgyűrűk és a hengerfal közötti súrlódás okozza. Ezt követi a szelepezérlés, amelyben a veszteségek 15%-a keletkezik. Ez a részegységben található számos érintkezési helynek köszönhető. További veszteség helyeket a motor főtengegyén, kiegyenlítő tengelyén és a különböző segédberendezéseken, illetve a víz- és olajszivattyún találunk. A tengelyeken jelentkező veszteségek erősen függenek a csapágyazások kialakításától és a jelentkező csapágyerőktől. A segédberendezéseken és szivattyúkon keletkező veszteségek egyrészt a meghajtás módjától, másrészt az alkotóelemek specifikus kialakításától függenek. Ezen alkotóelemek kialakítása és optimalizálása általában a beszállítónál történik.



## 5. KÖVETELMÉNYJEGYZÉK

A követelményjegyzék felállításához három alapvető általános követelményt fogalmaztam meg:

- Nagy variálhatóság
- Alacsony költség

- Jó kezelhetőség

Ezen főbb szempontokat szem előtt tartva létrehoztunk egy vizsgálati mátrixot, melyben összegeztük a fontosabb követelményeket, majd értékeltük azokat szükségességük, hasznosságuk és megvalósíthatóságuk szerint.

Alaptípus: EA888 Részegység / Tulajdonság	Igen/Nem	Hasznosság vs. Költség (max5)	Sorozatgyártott	Változtatható (tól - ig)	Kivétel	Hol?
Főtengely	-	-	nem	csere	forgácsolt	-
Főtengelycsapágy	-	5	is	Ø és b	gördülő és síkló	-
Lökettérfogat	-	4	is	300-500 ccm	-	-
Lökettérfogat	-	5	is	S/D:= 0,8-1,1	-	-
Furat	-	5	is	S/D:= 0,8-1,2	-	-
Hengerfelület	-	5	nem	cserélhető persely	nedves persely	-
Főtengelyen leadott nyomaték	igen	3	-	-	nyomatékszenzor a tengelyen	kihajtás és forgattyú között
Vezérműtengely	-	-	módosított	csere	-	-
Vezérműtengely-csapágyazás	-	5	is	Ø és b	gördülő és síkló	-
Vezérműtengelyen felvett nyomaték	igen	3	-	-	nyomatékszenzor a tengelyen	behajtás és bűtyök között
Kiegyenlítőtengely	-	-	módosított	csere	-	-
Kiegyenlítőtengely csapágyazása	-	5	is	Ø és b	gördülő	-
Kiegyenlítőtengelyen felvett nyomaték	igen	3	-	-	nyomatékszenzor a tengelyen	hajtás után
Hengertömb és forgattyúház	-	-	nem	csapágyhelyeket nagy mértékben	többrészes, forgácsolt	-
Égéstér	-	4	igen	Otto/Diesel	-	-
Dugattyú	-	4	is	hengerfurat szerint	-	-
Hajtórúd	-	3	igen	-	-	-
Kiegyenlítőtengely-csapágyerő	igen	5	-	-	nyúlásmérő bélyeg a forgattyúházon	-
Főcsapágyerő	igen	5	-	-	nyúlásmérő bélyeg a forgattyúházon és erőmérő alátétek	-
Vezérműtengely-csapágyerő	igen	5	-	-	nyúlásmérő bélyeg a forgattyúházon és erőmérő alátétek	-
Nyomásszenzorok	igen	5	is	-	hagyományos	Olaj (biztonság), szívórendszer, kipufogórendszer
Hőszenzorok	igen	4	is	-	hagyományos	Levegő, Víz
Hengerfej	-	0	módosított	hengerfurat szerint	sorozatból átalakított	-
Indikálás	igen	5	-	-	-	-
RNT	igen	5	-	-	gyorscsatlakozó	Olajkarter
Gyorscsatlakozók (víz, olaj...)	igen	5	-	-	-	-
Gyorscsatlakozók (rögzítés)	igen	5	igen	-	palettás rendszer	-
Külön csapágyazott lendítőkerék	igen	3	-	-	-	-
Csapágyhőmérsékletek mérése	igen	5	-	-	hőm. Szenzorral	-
Változtatható feltöltés	igen	5	nem	igen	Rotrex-Elektromos	-

A vizsgálati mátrix értékelése után a következő tételes követelményjegyzék alakult ki:

- Főtengelycsapágyak, vezérműtengely-csapágyak kiegyenlítőtengely-csapágyak mérete (átmérő és szélesség) legyen változtatható
- Gördülő és síklócsapágyak is legyenek alkalmazhatóak
- A hengerfurat legyen változtatható
- A dugattyúlöket legyen változtatható
- A hengerfelület minősége és felületi bevonata legyen változtatható
- Tengelyvégeken leadott és felvett nyomatékok mérése
- Különböző kiegyenlítettégi-fokok legyenek megvalósíthatóak
- Különböző égéstérgeometriák alkalmazása

- Csapágyerők mérése
- Csapágyhőmérsékletek mérése
- Motor hőmérsékleti viszonyainak figyelése biztonsági szempontokból
- Motor kenőrendszer nyomásviszonyainak figyelési biztonsági okokból
- Otto és Diesel üzem közötti váltás
- Hengernyomás mérése indikálással
- Radionuklid technológiával (RNT) való kompatibilitás
- Lendkerék működéséből származó erők izolálása
- Tetszőleges feltöltési karakterisztikák megvalósítása
- Szabadon programozható elektromos vezérlőegység
- Olajkarter viszonyainak működésközbeni szemrevételezhetősége

## A KONCEPCIÓ

### Egyhengeres kivitel

Alacsony előállítási és üzemeltetési költségek, gyors és egyszerű átalakítás

### Sorozatgyártású motorból származtatott konstrukció

Költségsökkentés, kritikus komponensek a széria alkatrész módosításával előállíthatók: hengerfej és szelepvezérlés. Könnyű átállás Otto és Diesel üzem között.

### Forgácsolt forgattyúház

Egyszerű, gyors előállítás, mivel egyszeri darabról van szó nem érdemes öntészeti eljárást alkalmazni.

### Különböző csapágyméretek befogadása adapter-sorozattal

Egy megfelelő adapter-sorozatnak köszönhetően szükségtelemmé válik több forgattyúház alkalmazása, illetve meghibásodások esetén csak kisebb alkatrészek cseréje szükséges.

### Adaptív henger-persely sorozat (3 x 4 variáció)

Gazdaságos kivitel, a hengerfurat nagy mértékben változtatható (cél:  $\sim \varnothing 70-92$ ).

A cserélhető perselyekkel könnyedén megvalósítható a különböző felületi minőségek és bevonatok beszerezése

### Forgácsolt forgattyústengely

### Állítható kiegyenlítőtengety

A motor kiegyenlítetttségét a kiegyenlítőtengetyre felszerelt súlyok állításával, egy szerelőablakon keresztül módosíthatjuk, a motor megbontása nélkül.

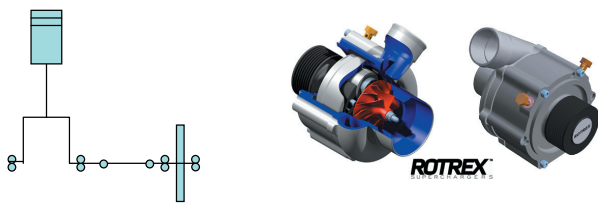
### Lendkerék működéséből származó erők izolálása

A lendkereket külön csapágyazással függesztjük fel, majd a hajtást egy külön tengelyen visszük rá, így a lendkerék tömegerei nem másítják meg a mérési eredményeket a főtengetycsapágyaknál.

### Tetszőleges feltöltési karakterisztikák megvalósítása

Egy szabályozott, külső hajtású, bolygóhajtóműves átteleléssel szerelt centrifugálkompresszor segítségével gyakorlatilag bármilyen feltöltő-szerkezet szimulálható a mérések során.

### Szabádon programozható elektromos vezérlőegység



5. ábra: Komponensek, megoldási koncepciók

### Tengelyvégi nyomaték-mérés elektromágneses érzékelővel.

Online mérhető az egyes részegységek teljesítmény-felvétele és számítható a hajtási körök hatásfoka.

### Csapágyerők mérése nyúlásmérő bélyegekkel és

### erőmérő alátétekkel.

Hőszenzorok csapágyközei furatokban, csapágy-hőmérsékletek méréséhez.

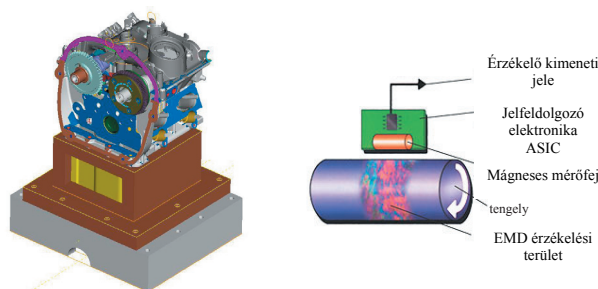
### Hengernyomás mérése piezzo szenzorral.

### Plexi olajkarter

Gyorscsatlakozási lehetőségek az olajkarteren RNT berendezéshez

Motor hőmérsékleti viszonyainak figyelése biztonsági szempontokból

Motor kenőrendszer nyomásviszonyainak figyelése biztonsági okokból



6. ábra: A vizsgálómotor előzetes tervezete (bal) és érintés nélküli nyomaték-mérési módszer (jobb).

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1] H. DR. DREYER, H. HOFMANN, H. LÉVAY, H. MAYER: Workshop bei AHM: Reibungsanalyse Motor (2010)
- [2] FEV SYSTEMMOTOR: Prouct Leaflet, FEV Motorentechnik GmbH (2010)
- [3] DR. GÁL P.: Belsőégésű motorok töltetcsere vezérlő szerkezeteiben lejátszódó súrlódási folyamatok elemzése, Ph.D. értekezés (2005)

# PÁRHUZAMOS GENETIKUS ALGORITMUSOK HIBAKEZELÉSI STRATÉGIÁI

## ERROR HANDLING STRATEGIES FOR THE PARALLEL GENETIC ALGORITHM

*Hatwágner Ferenc Miklós\*, Horváth András\*\**

### ABSTRACT

*Genetic algorithms are widely used to solve optimisation problems, e.g. to find the optimal shape of flow domains. These kinds of problems often need high computational power, so parallel implementations of the softwares are essential. Fortunately, it is easy to make a genetic algorithm parallel, using the master-slave architecture. This way the tasks can be shared out between the available computers.*

*Several types of errors can arise during the optimisation process: computer hardware errors or errors of the modelling software come forward with a considerable probability during a heavy optimisation. We examine some error handling strategies in our paper that can be used in a master-slave style parallel genetic algorithm. The efficiency of these strategies is estimated on an analytic manner and it is measured on an empirical way as well. We present the best obtainable results as a function of the number of processors, the probability of errors and the error handling strategy with the needs of the engineering practice end in view.*

*Using our results the selection of the best error handling strategy is possible in case of practical optimisation problems.*

*Keywords: optimisation, genetic algorithm, parallel programming, error handling.*

### ÖSSZEFOGLALÓ

A genetikus algoritmusokat széles körben használják műszaki optimalizációs problémák megoldásában, mint pl. áramlási tartományok ideális alakjának meghatározása. Az ilyen feladatok gyakran nagy számításigényűek, ezért a párhuzamosítás elengedhetetlen követelmény. Szerencsére a genetikus algoritmusok természetes módon párhuzamosíthatóak a mester-szolga („master-slave”) modell alapján és így a feladatok szétoszthatók a rendelkezésre álló számítógépek között. E folyamat azonban hibákkal terhelt: a számítógépek hardverhibája vagy a modellező szoftver problémái számottevő valószínűséggel jelentkeznek egy nagyobb optimalizálási feladat megoldása esetén.

\* doktorandusz, Széchenyi István Egyetem, Informatika Tanszék

\*\* témavezető, Széchenyi István Egyetem, Fizika és Kémia Tanszék

Cikkünkben megvizsgálunk néhány, a mester-szolga modell segítségével párhuzamosított genetikus algoritmusoknál használható hibakezelési módszert. Analitikus módon is megbecsüljük, és empirikus úton is ellenőrizzük, milyen hatékonyságúak az egyes hibakezelési stratégiák. A mérnöki gyakorlat igényeit szem előtt tartva egy adott futásidő után elérhető legjobb eredményeket mutatjuk be a processzorok száma, a hiba valószínűsége és a hibakezelési módszer függvényében.

Eredményeink ismeretében kiválasztható a legjobb hibakezelési stratégiája a gyakorlatban felmerülő optimalizációs feladatokhoz.

*Kulcsszavak:* optimalizálás, genetikus algoritmus, párhuzamos programozás, hibakezelés.

### 1. BEVEZETÉS

A tudományos kutatás és a mérnöki gyakorlat sokszor vet fel olyan problémákat, melynek során azt keressük, hogy egy rendszer bizonyos paramétereit változtatva mikor kapjuk a –bizonyos szempontból– legjobb esetet. Ezek a változó paraméterek lehetnek pl. egy termék geometriai adatai, egy áramkörü elem elektromos jellemzői vagy más tervezési változói, melyek kihatnak a termék végső értékére. Ezekről az úgynevezett „tervezési változóktól” való függés sokszor nem egyszerűen számolható, esetleg egy komplett végeselemes vagy áramlástan szimuláció futtatása szükséges egy adott paraméterekkel rendelkező változat értékének megállapításához. (Például annak kiszámolásához, hogy egy helyen változtatva egy lemez vastagságát, milyen kihatással lesz az a teljes, összetett rendszer teherbírására.)

Matematikailag az ilyen problémák sokváltozós, nemlineáris optimalizációs feladatot jelentenek: a változók a rendszer előbb említett tervezési változói, az optimalizálandó célfüggvény pedig valamilyen fontos jellemző (pl. a maximális terhelés vagy egy áramlástan paraméter eltérésnek négyzete egy előírt értéktől). Ezeket a nemlineáris optimalizálási problémákat igen nehéz megoldani, ha a változók száma meghaladja a 4-5-öt, és egy-egy „függvény-kiértékelés” valójában egy komplett modell lefuttatása, ami 10 perctől kezdve akár több órán át is tarthat. (Lásd pl. [1], [2], [3].)

Az ilyen jellegű problémákra a genetikus algoritmusok alkalmazása számos esetben mutatkozott sikeresnek: ezek sok változó, a célfüggvény deriváltjának rendelkezésre nem állása és a célfüggvényben mutatózó sok lokális minimum, oszcilláció és zaj esetén is jó eredményt adnak, még akkor is, ha viszonylag kevés célfüggvény-kiértékelésre van módunk.

## 2. A GENETIKUS ALGORITMUSOK ALAPGONDOLATA

A genetikus algoritmusok alap gondolatát a természettől, az „alkalmasabb” egyedek nagyobb valószínűséggel történő szaporodásának tényéből (természetes kiválasztódás) és a mutációk által bekövetkező véletlenszerű változatok kialakulásából vették a kutatók. Az ilyenfajta algoritmusoknak számtalan változata létezik, melyekről jó összefoglalót olvashatunk pl. [4], [5]-ben. Az alapfogalmak azonban mindegyik változatban azonosak:

- a tervezési változók listáját „génlánc”-nak hívjuk,
- „egyed”-nek nevezünk egy adott génláncsal leírható modellt,
- „populáció”-nak hívjuk az egyedek egy halmazát,
- „kiértékelés”-nek nevezzük azt a számolást, mely meghatározza, a célfüggvény értékét, azaz hogy egy adott génláncba tartozó modell mennyire teljesíti elvárásainkat.

E fogalmakat használva egy tipikus genetikus optimalizáció sémája a következő:

1. Generálunk egy 20-100 elemű populációt
2. Kiértékeljük a populáció egyedeit.
3. Egy átmeneti populációt hozunk létre, melybe a „jobb” egyedek nagyobb valószínűséggel kerülnek bele.
4. Az átmeneti populáció egyedeiből választott véletlenszerű párokat „keresztezzük”, azaz véletlenszerűen kiválasztott helyen elvágjuk génláncukat és a darabokat kicseréljük, az eredményt beletesszük az új generációt jelentő populációba.
5. Az új populációban néhány véletlenszerű egyed génláncán véletlenszerű változást (mutáció) hajtunk végre.
6. Ha még van időnk, visszatérünk a 2-es lépésre.

Látható, hogy ez a módszer nem garantálja az optimum megtalálását, de azt sok változó esetén nem is lehet biztosítani semmilyen módszerrel sem, mégis ez a séma az „életrevalóbb” egyedek génlánc-darabkáinak elterjedését és a véletlenül sikeres mutációk megőrződését biztosítva egyre jobb egyedekből álló populációkat „tenyészt” ki. (Ez a folyamat hasonlít a bizonyos tulajdonságokat irányítottan kiemelő állat- vagy növénynevelési módszerekre.)

A számolási ciklusoknak összetett célfüggvények esetén általában a rendelkezésre álló idő szab határt és ennek leteltekor a populáció legjobb egyedéről a probléma ismeretében a terület szakértője tudja eldönteni, hogy elég jó-e az.

## 3. A GENETIKUS ALGORITMUSOK PÁRHUZAMOSÍTÁSA

Gyakorlati problémák esetén a fenti séma messze legidőigényesebb része a 2. lépés, hisz ez több tucat, különböző paraméterű modell végigszámolását jelenti, ami sok óráig vagy akár pár napig is tarthat egy processzoron, pedig ez még nem is a teljes optimalizációs folyamat.

Szerencsére nincs akadálya annak, hogy egy populáció egyedeit egyidejűleg értékeljük ki, és ezzel töredékre csökkentjük a futási időt, ha több számítógép is a rendelkezésünkre áll. Ha több processzorunk van (akár különböző számítógépekben), mint a populáció mérete, akár egyetlen szimuláció elvégzéséhez szükséges idő alatt valamennyi egyedet kiértékelhetjük.

A genetikus algoritmusok többféleképpen is párhuzamosíthatóak; erről jó áttekintést találunk pl. a [6] cikkben. Mindezek közül talán a legegyszerűbben megvalósítható a „mester-szolga” (master-slave) modellen alapuló megoldás [7], [8], [9]. Ebben az esetben a „mester” valósítja meg a genetikus algoritmust, a genetikus operátorokat (kereszteződés, mutáció), és csak az egyedek kiértékelésének erőforrás-igényes feladata hárul a „szolgákra”. Így akár egy intézet különböző helységeiben levő egyedi gépei is befoghatók a munkára a hálózaton keresztül, ún. „számítógép-klaszterbe” szervezve őket. Ez a megoldás széles körben elterjedt, mert így az egyes munkaállomások egyébként kihasználatlanul álló kapacitása is munkára fogható, így kis költséggel nagy számítási kapacitás vonható be az optimalizálásba. (Ugyanilyen elosztott rendszer általában nem hatékony egy-egy kiértékelés önmagában való felgyorsítására, mert egy feladat megoldása sokszor nem párhuzamosítható hatékonyan.)

## 4. A HIBÁK HATÁSA, A PROBLÉMA FELVETÉSE

A mester-szolga séma magától értetődő, de a gyakorlat azt mutatja, hogy az ilyenkor fellépő, hosszú ideig tartó futtatások esetében számolni kell különféle hibák megjelenésével. Ezek egy része hardveres okokra vezethető vissza: a klaszterben lévő számítógépek valamelyike lefagyhat pl. túlmelegedés miatt, vagy leállíthatják, ha nincs felügyeletünk alatt. Egy véletlenül kihúzott hálózati csatlakozó, esetleg áramszünet szintén gondot okozhat. A problémák másik része szoftveres természetű: a szimuláció elvégzését gyakran harmadik féltől származó szoftverek (pl. ANSYS, FLUENT, SYSNOISE) végzik ([10], [11], [12]), mert olyan bonyolult műveletekre van szükség, mint pl. különféle térbeli hálók elkészítése, végelemek módszerek alkalmazása (FEM), vagy áramlási problémák megoldása (CFD). Előfordul, hogy ezek a szoftverek váratlanul leállnak, vagy nem várt eredményt produkálnak. Ennek pl. az lehet az oka, hogy



a megoldandó feladat az adott feltételek mellett, az adott paraméter-értékek segítségével nem oldható meg, vagy nem értelmezhető.

Az ilyen esetekben a mesterre vagy valamilyen kevertrendszerre (pl. MPI, PVM, Globus) hárul a feladat, hogy a hibákat alkalmas módon kezelje. Amennyiben a hiba természetének ismeretében van értelme újból megkísérelni a célfüggvény kiértékelését, jellemzően vagy az azonos processzoron való ismételt futtatással, vagy a feladat más processzorra történő átvitelével szoktak próbálkozni (lásd pl. [13]-ban).

Kérdés azonban, megéri-e várni, hátha az újabb próbálkozás sikeres lesz, vagy inkább hagyjuk figyelmen kívül és vegyük igen rossz értékűnek a sikertelen számításokban részt vevő egyedeket. Ha várunk, az a futásidő növelheti, miközben a már sikeresen végzett processzorok tétlenül várakoznak, ha „eldobjuk” a rossz számításban részt vevő egyedeket, akkor pedig esetleg valójában jó modellt hagyunk figyelmen kívül, aminek csak nem volt szerencséje és épp nála következett be valamilyen fatális esemény, mondjuk a kiértékelést végző számítógépet érintő áramszünet.

Cikkünkben az e téren végzett kutatásaink eredményét mutatjuk be: a populációméret, a processzorok száma és a hibák bekövetkezésének valószínűsége függvényében több lehetséges hibakezelési stratégia összevetését végezzük el. Az eredmények ismeretében a nagy számításidejű optimalizációk esetén kiválasztható a követendő hibakezelési módszer.

## 5. A PROBLÉMA MEGHATÁROZÁSA

Legyen  $N_p$  a populáció mérete és  $N_c$  a rendelkezésünkre álló processzorok száma. A célfüggvény kiértékelések során  $p_e$  valószínűséggel következik be valamilyen hiba. Az egyszerűség kedvéért feltételezzük, hogy minden célfüggvény kiértékelése pontosan ugyanannyi ideig tart az azonos számítási teljesítményű processzorokon és ehhez képest a mester-szolga gépek közti kommunikáció és a genetikus operátorok végrehajtási ideje elhanyagolható.

A hibakezelési stratégiákat oly módon hasonlítjuk össze, hogy adott futásidő után megvizsgáljuk a különféle hibakezelési módszerek használatával kapott legjobb egyed célfüggvényének értékét. Az nyilvánvaló, hogy a hibák valamilyen módon rontani fogják az eredményeket.

Amennyiben nem lép fel hiba ( $p_e = 0$ ),

$$U_0 = \text{ceil}\left(\frac{N_p}{N_c}\right) \quad (1)$$

„kiértékelési körre” van szükség a teljes populáció kiértékeléséhez. (Itt „ceil” a következő egészre felkerekítő függvény.)

Ha eközben hiba lép fel, és a hibás egyedek ismételt kiértékelése mellett döntünk, akkor nem veszítünk információt, de a számítási körök száma nő, ami együtt jár a futásidő növekedésével. Ellenben ha a hibás értékek

figyelmen kívül hagyását választjuk, akkor a futásidő nem változik, viszont leromlik a legjobb egyed célfüggvény értéke, mert hibás kiértékelési eredményt vittünk a populációba.

Háromféle hibakezelési módszert fogunk megvizsgálni:

- újraszámoló módszer,
- eldobó módszer,
- hibrid módszer.

### Újraszámoló módszer

Kezdetben megpróbáljuk kiértékelni az  $N_p$  egyed  $U_0$  számítási körben. Amennyiben valamelyik egyed kiértékelése közben hiba lépett volna fel, akkor azt megkíséreljük ismételten kiértékelteni valamelyik szolgálival.

Ebben az esetben adott számú generáció után az eredmény megegyezik a hibamentes esetben kapottal, azonban az optimalizáció lelassul, mert a számítási körök átlagos száma ( $U$ ) nagyobb lesz  $U_0$ -nál.

Másképp fogalmazva, a szoftver csak kevesebb generáció adatait tudja kiértékelni adott idő alatt. Ez azért különösen fontos, mert az optimalizációk elvégzésére általában meghatározott (kevés) idő áll rendelkezésre.

### Eldobó módszer

Megkíséreljük az  $N_p$  egyed kiértékelését  $U_0$  számítási körben. Amennyiben egy szolgálit hibát jelez vagy nem válaszol, akkor a mester a megfelelő egyed célfüggvény értékét „nagyon rosszra” állítja. (Lásd pl. [14]) Pl. ha a célfüggvény minimalizálása a cél, akkor a végtelen jó választás lehet a „nagyon rossz” értékének.

A mester ilyen viselkedésének az lesz a következménye, hogy a megfelelő „rátermettségi érték” is nagyon alacsony lesz, tehát az egyednek rendkívül lecsökken az esélye arra, hogy továbbadja genetikai információját.

Néhány egyed kiértékelésének elmulasztása természetesen rontja az adott számú generáció után elérhető eredményt, ugyanakkor ez a módszer nem lassítja le az optimalizációt. Ez egy versenyképes módszer lehet, mert a legjobb egyed célfüggvény értékének romlása minimális, mivel általában egy populációban több hasonló egyed is van, ugyanakkor jelentős futásidő takarítható meg, mivel a kiértékelési körök száma marad  $U_0$ .

A genetikus algoritmusok biológiai analógiái alapján ez a stratégia annak felel meg, hogy bizonyos valószínűséggel egyébként életképes egyedek is meghalhatnak valamilyen baleset folytán, pl. egy villámcsapás következtében. Az állatok esetéből is tudjuk, hogy egy-egy, még oly kiváló egyed elvesztése sem érinti jelentősen a teljes populáció fejlődését, mert még ha el is pusztul a legerősebb vagy legokosabb, a populációban található hasonló génkészletű, majdnem ugyanolyan jó egyedek és így összességében nem romlik annyira a teljes populáció, mint először gondolnánk.

### Hibrid módszer

Ez a módszer az előző kettő egyfajta keverékeként fogható fel. Amennyiben a hibás kiértékelés megismétlése

nem jár a futásidő növekedésével (újabb számítási kör megkezdésével), mert van olyan processzorunk, ami különben tétlenül várakozna, akkor a mester az adott generációhoz tartozó utolsó számítási körében utasítja valamilyen tétlen szolgát a számítás megismétlésére. Más esetben a mester az eldobó módszernek megfelelően jár el.

Például, ha egy klaszter hat szolga számítógépet tartalmaz ( $N_c = 6$ ), akkor hét számítási körre van szükség egy  $N_p = 40$  egyedből álló populáció kiértékeléséhez, de az utolsó számítási körben két tétlen szolga is marad. Amennyiben az első hat számítási körben legfeljebb két hiba történt, akkor a célfüggvény kiértékelések az egyébként tétlenül várakozó processzorokon megismételhetők a futásidő növekedése nélkül. Több hiba esetén azonban nem mindegyik egyed ismételt kiértékelésével próbálkozunk, hanem az eldobó módszerhez hasonlóan azokat nagyon rossz értékű egyednek vesszük.

Nyilvánvaló, hogy ha  $N_p \bmod N_c = 0$ , akkor ez a módszer pontosan az eldobóval egyezik meg. Minden más esetben azonban kevesebb célfüggvény kiértékelés vész el, a futásidő azonban változatlan marad. Tehát azonos futásidőt követően ( $U_0$  kiértékelési kör) ugyanolyan, vagy jobb eredményeket fogunk kapni, mint az eldobó módszer esetében.

## 6. A MÓDSZEREK ÖSSZEHAJONLÍTÁSA

Az előző három módszer összehasonlítására az optimumszámításban standardnak számító egyszerű, ismert optimumú célfüggvényekre alkalmaztuk ezeket, mesterségesen beépítve a programba azt, hogy  $p_e$  valószínűséggel a kiértékelés helyett egy igen rossznak számító értékkel térünk vissza. Ilyen körülmények közt azt vizsgáltuk, hogy adott számú kiértékelési kör után az egyes módszerek által adott legjobb egyed mennyire közelíti meg az ismert optimum értékét. Az egyszerű, gyorsan kiértékelhető tesztfüggvények használata lehetővé tette, hogy a méréseket minden esetben 25-ször megismételjük, lecsökkentve ezzel a genetikus algoritmusok véletlenszerű jellegéből adódó statisztikai hibát.

A három különböző stratégia eltérő módon érzékeny a bekövetkező hibákra. Ezek hatását, ha lehet, analitikus számításokkal, ha ez nem volt alkalmazható, numerikus kísérletekkel vizsgáltuk.

### Az újraszámoló módszer hatékonysága

Az újraszámoló módszer minden számítást elvégez, ami a hiba nélküli esetben megtörténne, a hatékonyság csökkenése abból adódik, hogy az újraszámolás esetleg több kiértékelési kört jelent, azaz ugyanarra az eredményre több időt kell várunk, tehát  $U \geq U_0 = \text{ceil}(N_p / N_c)$  lesz. Az alábbiakban megvizsgáljuk, hogyan függ a futásidővel arányos  $U$  érték  $N_p$ ,  $N_c$  és  $p_e$  paramétereiktől.

Két, egymástól jelentősen különböző esetet kell vizsgálni a processzorszám és a populációméret viszonya függvényében: amikor  $N_c \geq N_p$  és amikor  $N_c < N_p$ .

**1. eset:**  $N_c \geq N_p$

Ekkor  $U_0 = 1$ , azaz minden számítási kör képes egy teljes populációt kiértékelni, ha nem lép fel hiba. Hiba esetén viszont új számítási körre lesz szükség, de az új körben is felléphet hiba, ezért még újabb kör válhat szükségessé egyre kisebb és kisebb számú elemmel.

Legyen  $p_i$  annak valószínűsége, hogy pontosan  $i$  számítási körre van szükség. Ekkor a kiértékelési körök számának várható értéke nyilván:

$$U(N_p, p_e) = \frac{\sum_{i=1}^{\infty} i p_i}{\sum_{i=1}^{\infty} p_i} \quad (2)$$

$p_i$  kiszámítási módját  $N_p$ ,  $N_c$  és  $p_e$  függvényében [15] tartalmazza.

Az újraszámoló módszer esetén tehát az időigény  $U/U_0$  szorosára növekszik, de a végeredmény nem változik.

**2. eset:**  $N_c < N_p$

Ekkor  $U_0 > 1$ , azaz hibák nélkül is több kiértékelési körre van szükség. Nincs szükség azonban további körökre, ha

- a nem-utolsó körben összesen fellépő hibás egyedek száma legfeljebb  $N_c - N_p \bmod N_c$ ,
- és nem lép fel hiba az utolsó számítási körben.

Az 1. esethez képest sokkal bonyolultabbal állunk itt szemben, ezért analitikusan nem tudjuk teljesen pontosan megadni  $U$ -t, csak egy alsó becslést adunk az alapján, hogy feltételezzük, hogy legfeljebb 1 plusz körre van szükség. Látni fogjuk, hogy  $p_e$  életszerű értékei esetén jó eredményeket kapunk ezzel, mert ritkán következik be, hogy épp az utolsó körben hiba lép fel vagy a korábbiakban annyi hiba lépett fel, hogy egy extra kiértékelési kör nem elegendő.

Az biztos, hogy ha  $N_p$  osztható  $N_c$ -vel, akkor nincs az utolsó körben tétlen processzor, így egy hiba esetén is új kiértékelési kört kell indítani, különben pedig van esély arra, hogy az egyébként feladat nélküli processzorok el látják a korábbi hibás kiértékelések megismétlését. Így két további alesetet kell megvizsgáljunk:

**2/a. eset:**  $N_p \bmod N_c = 0$

Ebben az esetben az utolsó számítási körben is dolgozik az összes processzor. Minden egyes generáció kiértékeléséhez  $U_0$  számítási kör szükséges. Amennyiben feltesszük, hogy egy korábbi hiba miatt indított további számítási körben nem lép fel ismét hiba, alsó korlátot adhatunk  $U$  értékére a következőképpen:

$$U > U_0 + 1 - (1 - p_e)^{N_p} \quad (3)$$

**2/b. eset:**  $N_p \bmod N_c \neq 0$

Ebben az esetben az utolsó számítási körben nem dolgozik mind az  $N_p$  processzor, csupán  $N_w = N_p - (U_0 - 1) N_c$ . Ebben az esetben is megadható egy alsó korlát  $U$ -ra a következőképpen:

$$U > U_0 + 1 - (1 - p_e)^{N_w} \quad (4)$$

$U$  pontosabb értékét a folyamat Monte Carlo szimulációjával határoztuk meg. Az 1. táblázat a 40 elemű po-

puláció ( $N_p=40$ ) és különböző  $N_c$ ,  $p_e$  értékekre mutatja  $U$  értékeit.

1. táblázat  
 $U$  értékek  $N_p = 40$  esetén

$N_c \backslash p_e$	0,001	0,01	0,05
40	1,040	1,335	1,972
35	2,005	2,053	2,309
20	2,040	2,335	2,972
18	3,004	3,043	3,271
10	4,040	4,335	4,972
9	5,004	5,043	5,276

A táblázat értékeit a (3) és (4) egyenletekben megadott alsó korlátokkal összevetve azt láthatjuk, hogy még a  $p_e = 0,05$  esetben is csak 1–2% százalékos az eltérés a formulák szerinti alsó korlát és a tényleges érték között.

Figyeljük meg, hogy  $U$  már  $p_e$  alacsony értékei esetén is jelentősen nagyobb lesz  $U_0$ -nál. Például az  $N_c = N_p$  esetben 0,1% hiba valószínűség mellett átlagosan 4%-kal nő a számítási körök száma, 1% hiba esetén pedig több mint 30%-os az eltérés. Ez azt jelenti, hogy még igen kis valószínűségű hiba is jelentősen csökkenti a hatékonyságot.

#### Az eldobó és a hibrid módszerek hatékonysága

A fent elmondottak szerint ezek a módszerek nem igényelnek új kiértékelési köröket. Hatékonyságcsökkenésük abból fakad, hogy néha nem az egyedek valódi értékét, hanem egy mesterséges, igen rossznak vett értéket vesznek alapul, ami nyilván megzavarja az algoritmus működését. Ennek hatása azonban csak numerikus kísérletekkel tanulmányozható.

## 7. TESZT SZÁMÍTÁSOK

A hibakezelési módszerek hatékonyságának tanulmányozása céljából több tesztfutást is végeztünk a saját fejlesztésű, [14]-ben ismertetett szoftver segítségével. A futtatások során  $N_p = 40$  egyedből álló populációt használtunk és az egyedeket 20 gén alkotta. A mutáció valószínűségét 14%-ra állítottuk. Az optimalizációt 1500 generáció (G) kiértékelését követően állítottuk le. A további beállítások a következők voltak: reciprok rangsorolás, rulett kerék kiválasztás, egy pontos keresztezés, kényszerített mutáció (távolság paraméterének értéke  $10^{-5}$ ), valamint a hegymászó algoritmus egy speciális változatát alkalmaztuk a lokális szélsőérték pontosabb meghatározására. Az operátorokról részletesebben [4] ír.

Minden számítást 25 alkalommal ismételtünk meg, az ál-véletlenszám generátort különféle kezdőértékekkel inicializálva. Az alábbiakban a futtatások átlagát ábrázoljuk.

A diagramokon a legjobb egyed (B) célfüggvény értékét ábrázoltuk a futásidő ( $T_{wall}$ ) függvényében.  $T_{wall}$ -t az

egyetlen egyed kiértékeléséhez szükséges időegységben mérjük, azaz  $T_{wall}=I$  egy kiértékelési körnek felel meg.

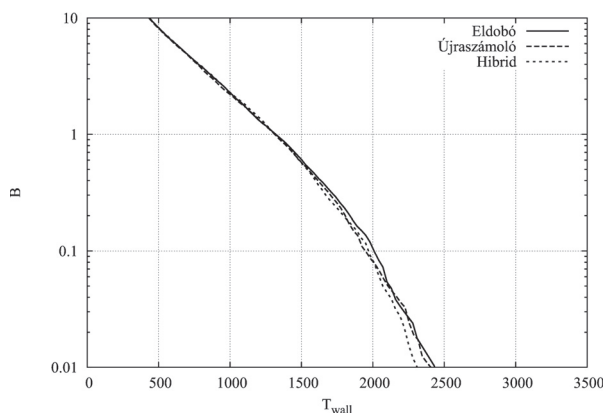
A mérnöki gyakorlat szempontjából legérdekesebb kérdés az, hogy melyik módszerrel lehet a legjobb eredményt elérni rögzített  $T_{wall}$  esetén? A 2. pontból tudjuk, hogy ha  $N_c \geq N_p$ , akkor az eldobó és a hibrid módszer ekvivalens, és jobb, mint az újraszámoló módszer. Nyilvánvaló, hogy a fenti 2/a. esetben is hasonló a helyzet. Az azonban nem magától értetődő, hogy mi történik a 2/b. esetben, tehát akkor, amikor  $N_p$  nem többszöröse  $N_c$ -nek. Ilyenkor ugyanis néhány processzor munka nélkül marad az utolsó számítási körben, így ezeket fel lehet használni a korábbi számítási körökben keletkezett hibás kiértékelések megismétlésére.

#### A Rastrigin-függvény vizsgálata

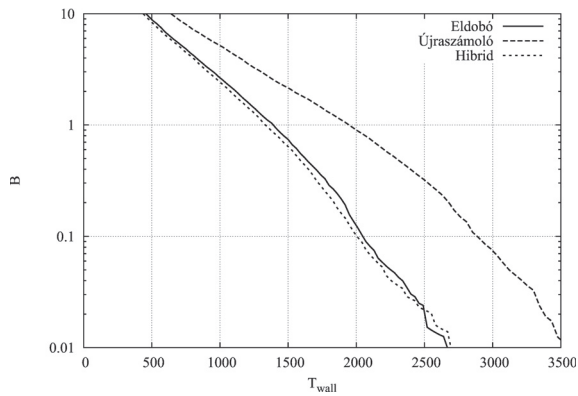
A Rastrigin-függvény széles körben használatos többváltozós optimum-keresési módszerek tesztelésére, mert folytonos, deriválható, de sok lokális minimuma van, és optimuma ismert: ha minden változója 0, akkor a 0 értéket veszi fel, mindenütt máshol pozitívot. Ez a tulajdonság lehetővé teszi, hogy B értékeit logaritmikuskálán ábrázoljuk, olvashatóbbá téve ezzel a grafikonokat. Ezekről a grafikonokról jól látszik az egyes módszerek hatékonysága: mind az adott számítási idő alatt elért eredmény pontossága, mind az adott pontosság eléréséhez szükséges idő könnyen leolvasható.

$$f_{\text{Rastrigin}} = n \cdot 10 + \sum_{i=1}^n (x_i^2 - 10 \cos(2\pi x_i)) \quad -5.12 \leq x_i \leq 5 \quad (5)$$

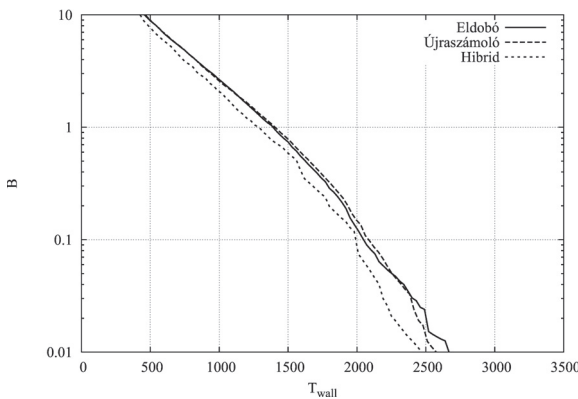
A grafikonok adatai úgy keletkeztek, hogy az újraszámoló módszer esetében egyszer, hibák szimulálása nélkül elvégeztük a futtatásokat és ezt az adatsort jelenítjük meg mindig úgy, hogy a fentiek szerint  $T_{wall}$ -t  $U/U_0$ -szorosán megnyújtjuk. Az eldobó és hibrid módszereknél viszont nem lehet a viselkedést ilyen egyszerű skálázódással követni: a számítást végző programba beleépítettük, hogy  $p_e$  valószínűséggel egy mesterséges, igen rossz értékkel térjenek vissza és minden  $p_e$  érték esetén újra kellett futtatni, mert nem volt előre látható, hogyan rontják a hatékonyságot a hibák.



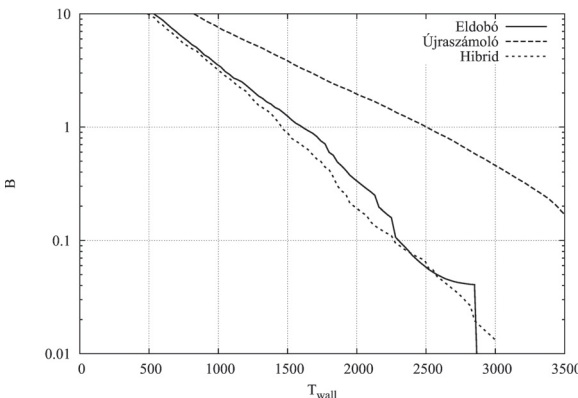
1. ábra. A Rastrigin függvény minimalizálása,  
 $G = 1500$ ,  $p_e = 0,001$ ,  $N_p = 40$ ,  $N_c = 35$



2. ábra. A Rastrigin függvény minimalizálása,  
 $G = 1500$ ,  $p_e = 0,05$ ,  $N_p = 40$ ,  $N_c = 20$



3 ábra. A Rastrigin függvény minimalizálása,  
 $G = 1500$ ,  $p_e = 0,05$ ,  $N_p = 40$ ,  $N_c = 39$



4. ábra. A Rastrigin függvény minimalizálása,  
 $G = 1500$ ,  $p_e = 0,25$ ,  $N_p = 40$ ,  $N_c = 35$

Az eredmények nyilvánvalóak. A statisztikai hibáktól eltekintve a hibrid módszer soha nem teljesített rosszabbul, mint az eldobó. A [14]-ben foglaltakkal összhangban az eldobó módszer általában jobb, mint az újrászámoló. A szimulációk elvégzése előtt elképzelhetőnek tűnt, hogy az  $N_p \bmod N_c \neq 0$  esetben az újrászámoló módszer jobban fog szerepelni, mint az eldobó, az utolsó számítási körben lévő kihasználatlan processzorok miatt. Az eredmények azonban azt mutatják, hogy az eldobó módszer van olyan jó, mint az újrászámoló (és egyértelműen a hibrid módszer a győztes).

A vizsgálatokat más tesztfüggvényekre (pl. a Keane-függvény, lásd [2]) is elvégeztük, de az eredmények jellege ugyanez maradt.

## 8. KÖVETKEZTETÉS

Az eldobó és hibrid módszerek gyakorlatilag soha nem adnak rosszabb eredményt, mint az újrászámoló. A legjellemzőbb esetekben a hibrid módszer lényegesen jobb eredményeket produkált, mint az eldobó. Ez megfelel a várakozásainknak, hiszen a hibrid módszer lényegében az eldobónak egy kisebb adatvesztést eredményező, továbbfejlesztett változata. A tesztek megmutatták, hogy ha  $N_p$  többszöröse  $N_c$ -nek, az újrászámoló módszer jelentős hátrányban van a másik kettővel szemben, amelyek ebben az esetben ekvivalensek. Ha  $N_p$  nem többszöröse  $N_c$ -nek, akkor az újrászámoló és az eldobó módszer közötti különbség nagyon kicsi, de a hibrid módszer jobban szerepel, mint az eldobó.

Az újrászámoló módszer alkalmazása rendkívül rossz hatékonyságú, ezért alkalmazását nem javasoljuk olyan esetekben, amikor a futási idő korlátozott. Az eldobó módszert könnyű megvalósítani, és nem találtunk olyan esetet, amikor az újrászámoló jobban teljesített volna, bár ez elméletileg lehetséges volna  $N_c$  és  $N_p$  speciális értékei esetén.

A győztes a hibrid módszer, amely kissé összetettebb, mint a másik kettő, de egyértelműen a legjobb eredmények elérését teszi lehetővé.

Végző következtetésként kijelenthetjük, hogy a genetikai algoritmus számítógépes klaszteren mester-szolga módszerrel való párhuzamos megvalósítása esetén a hibrid módszert ajánlott megvalósítani, nevezetesen az utolsó számítási körben egyébként kihasználatlanul álló processzorokat fel kell használni a korábbi számítási körökben hibák miatt ki nem értékelt egységek ismételt kiértékelésére, de új számítási kört nem célszerű indítani.

## SUMMARY

*The neglecting and hybrid strategies never produce worse results than re-computing. In the most typical cases the hybrid strategy produced significantly better results than neglecting.*

*The result lives up to our expectations, because the hybrid strategy is an advanced version of the neglecting strategy, resulting less data loss. The tests showed that if  $N_p$  is a multiple of  $N_c$  the re-computing strategy is disadvantaged. (The other two strategies are equivalent in this case.) If  $N_p$  is not a multiple of  $N_c$  then the difference between re-computing and neglecting is very small, but hybrid strategy works better than neglecting.*

*The efficiency of re-computing is very bad, so we do not recommend using it in case of time-critical applications.*



*It is easy to implement the neglecting strategy, and we did not find a case when re-compute would have performed better, but theoretically it is possible with special  $N_c$  and  $N_p$  values.*

*The winner is the hybrid strategy which is a bit more complicated than the other two, but it makes possible to get the best results.*

*Our final conclusion is that the recommended error handling strategy for master-slave kind of parallel genetic algorithms is the hybrid one. It means that in the last computational round the idle processors should be used to re-calculate the objective function value of the erroneous individuals. It does not worth to start a new computational round for that reason.*

#### HIVATKOZÁSOK JEGYZÉKE

- [1] HORVÁTH A., HORVÁTH Z. Optimal shape design of diesel intake ports with evolutionary algorithm, Proceedings of 5<sup>th</sup> European conference on numerical mathematics and advanced applications (ENUMATH 2003) Edited by Feistauer, M. et al., Springer Verlag, 2004, pp. 459–470.
- [2] MARCO-BLASZKA N., DÉSIDÉRI J. Numerical solution of optimization test cases by genetic algorithms, INRIA Research Report, 3622, 1999.
- [3] MARCON., LANTERIS., DÉSIDÉRI J., MANTEL B., PÉRIAUX J. Parallel genetic algorithms applied to optimum shape design in aeronautics, Lecture Notes in Computer Science (Euro-Par'97 Parallel Processing), Vol. 1300/1997, Springer, 1997, pp. 856–863.
- [4] GOLDBERG D. E. Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning, Addison-Wesley Publishing Company, Inc. 1989.
- [5] ÁLMOS A., GYŐRI S., HORVÁTH G., VÁRKONYINÉ K. A. Genetikus algoritmusok Szerk. Várkonyiné Kóczy Annamária, Typotex, Bp., 2002.
- [6] DUDY LIMA, YEW-SOON ONGA, YAOCHE JINB, BERNHARD SENDHOFFB, BU-SUNG LEEA Efficient Hierarchical Parallel Genetic Algorithms using Grid computing, Future Generation Computer Systems, Volume 23, Issue 4, May 2007, Pages 658-670
- [7] CANTU-PAZ E. Designing efficient master-slave parallel genetic algorithms, Genetic Programming 1998: Proceedings of the Third Annual Conference, University of Wisconsin, 1998, pp. 455–463.
- [8] GAGNÉ C., PARIZEAU M., DUBREUIL M. The master-slave architecture for evolutionary computations revisited, Proceedings of Genetic and Evolutionary Computation (GECCO 2003) Edited by Cantu-Paz, E. et al., Springer, 2003, pp 1578–1579.
- [9] ASTEASUAIN F., CARBALLIDO J. A., VAZQUEZ G. E., PONZONII. Using computational intelligence and parallelism to solve an industrial design problem, Lecture Notes in Computer Science, (Advances in Artificial Intelligence – IBERAMIASBIA 2006), Springer, Vol. 4140, 2006, pp. 188–197.
- [10] Ansys Inc., [online]. <http://www.ansys.com>.
- [11] CFD Flow Modeling Software and Services from Fluent Inc., [online]. <http://www.fluent.com>.
- [12] Sysnoise, [online]. <http://www.lmsintl.com/SYSNOISE.html>.
- [13] HERRERA J., HUEDO E., MONTERO R. S., LLORENTE I. M. Embarrassingly distributed and master-worker paradigms on the grid, Lecture Notes in Computer Science (Scientific Applications of Grid Computing), Springer, Vol. 3458, 2005, pp. 108–119.
- [14] HATWAGNER M., HORVÁTH A. The effect of computer network errors on genetic algorithms, Pollack Periodica, Vol. 2, No. 2, 2007, pp. 3–12.
- [15] HATWÁGNER, F. MIKLÓS AND HORVÁTH, A.: Error handling techniques of genetic algorithms in parallel computing environment, Pollack Periodica, volume Volume 3, number Number 2, pages 3-14, ISSN 1788-1994, 2008.

# TERMELÉSI FOLYAMAT MODELLEZÉSE ÉS TERVEZÉSE SZIMULÁCIÓS ELJÁRÁSSAL, SZERELÉSI FOLYAMAT OPTIMALIZÁCIÓJA

## PRODUCTION PROCESS MODELING AND PLANNING WITH SIMULATION METHOD, MOUNTING PROCESS OPTIMISATION

János, Jósvai\*, Dr. Kardos Károly\*\*, Dr. Horváth Zoltán \*\*\*

### ABSTRACT

*The paper focuses on the establishment of the production program using simulation technology in a structure, where several products and high amount of variants per product are produced. The topic of the paper addresses the discrete event simulation technology which is used to model the material flow and the manufacturing processes in the production area. This paper would like to show and describe the modelling steps of a complex production system with a lot of products and three different line parts, which are connected with buffers.*

*Keywords: discrete event simulation, production planning, scheduling, genetic algorithm.*

A cikk termelési program szimulációs technológia segítségével történő létrehozásával foglalkozik olyan környezetben, ahol számos terméket nagy variációs számban állítanak elő. A cikk címe a diszkrét eseményorientált szimulációs technológiára utal, amelynek segítségével az anyagáramlás és a termelési folyamat modellezésre kerül. A cikk egy komplex, több termékes, három sorszakaszából álló termelési rendszer modellezési lépéseit hivatott bemutatni.

### INTRODUCTION

Today the production tasks have got a very complex planning process. This is caused by the high amount of variants of one product. We can speak here about a vehicle or engine production. Most of the production structures are established as lines and have the task to produce several product types and several variants of the products. This means a very difficult planning and execution of production. The establishment of the production program is complicated, the times of work tasks are different, and the material delivery on the line and the inventory has to be taken into consideration, too.

\*doktorandusz, Széchenyi István University, Professorship for Material Sciences and Automobile Production. e-mail: josvai@sze.hu

\*\* témavezető: egyetemi docens Széchenyi István Egyetem Anyagismereti és Járműgyártási Tanszék

\*\*\* témavezető: főiskolai tanár Széchenyi István Egyetem Matematika és Számítástudományi Tanszék

The production planning has several goals, some of them are:

- the scheduling of the tasks to ensure delivery accuracy,
- to determine the lot size of product batches,
- to ensure smoothed workloads at the workplaces,
- to determine the buffer sizes in the production line,
- to handle the lead times – depending on the complexities of the products,
- to determine and handle the bottlenecks – can change with the system dynamic behaviour, etc.

Mostly the production system is not configured as a whole integrated line. To plan a system, which is separated by buffers between two or perhaps three main lines, has a lot of influential parameters. The main question is either to plan these part lines together, or to plan the production on the lines separately because of some reasons. For example if the mean cycle time is different on the lines then this could be a reason to make the planning separately.

These properties show the complexity of this field. The influence parameters are not only a large number, but the combination of these parameters causes a lot of option and problems to solve. In practice there is not enough time to fulfil the mathematical analysis manually, even if the right behaviour functions are ready to use.

There is another possible method which is useful to plan such complex systems. The modelling and dynamic simulation are able to answer most of the questions, and show the time dependent behaviour of the concerned production system. This modelling technique is the time discrete event controlled simulation.

This paper would like to show and describe the modelling steps of a complex production system with a lot of products and three different line parts, which are connected with buffers.

### PROBLEM DEFINITION

The considered production system was an engine production line with three separated line parts. These were connected by buffers. The simulation model and study had to investigate, how the line output, usage statistics changes with the different production sequences.

The product mix changes time to time, this had many

influences and plus tasks while the planning of the model. We will see how it works when a product has to be changed in the model. This could mean for instance the end of production of one product type, or new type has to be launched on the line. This data handling procedure and the amount of handled data causes a great model size.

The modelling had to consider, that a lot of flexible parameters were needed to ensure enough planning room. Lot size determination had to be fixed, that the actual pre-planned production program could be changed and set on new levels by the simulation.

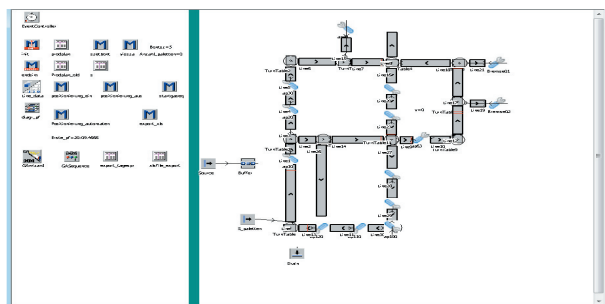


Figure 1: Simulation models of the line parts

Another main goal was to determine the computational achievable “right” production sequence. The handmade production program should be optimized by the simulation. A genetic evolution algorithm was used to solve this difficult problem with a large search area.

For planning the line balancing there was needed an option, to ensure handling functionality, when workload change has to be planned. The mounting tasks can be assigned to various places in the line. This means that the variation of workloads at the stations in the line has a large number. The line balancing has the goal to put the tasks in the right order after each other and approximately hold the average cycle time at one station. In case of production changes - product type, produced volume, technological, and production base time – there was a need to pre-calculate the changed line behaviour. There are different changes in the task load of the stations, we make such influences which determine the throughput, working portion of the stations and gives different optimal sequence combination of products.

## SIMULATION AND SCHEDULING

There are similarities and differences as well between general research- and simulation case studies. Simulation case studies are typically focused on finding answers to questions through simulation-based experiments. In the social science arena, experimentation is considered to be a distinct research method separate from the case study. Social science case study researchers use observation, data collection, and analysis to try to develop theories that explain social phenomena and behaviours. Simulation analysts use observation and data collection to de-

velop “as-is” models of manufacturing systems, facilities, and organizations. The analysts test their theories and modifications to those models through simulation experiments using collected data as inputs. Data sets may be used to exercise both “as-is” and “to-be” simulation models. Data sets may also be fabricated to represent possible future “to-be” conditions, e.g., forecast workloads for a factory. (McLean 2003).

In (Standridge 2000.), teaching simulation through the use of manufacturing case studies is discussed. He organizes case studies into four modules:

Basic manufacturing systems organizations, such as work stations, production lines, and job shops.

System operating strategies including pull (just-in-time) versus push operations, flexible manufacturing, cellular manufacturing, and complete automation.

Material handling mechanisms such as conveyors, automated guided vehicle systems, and automated storage/retrieval systems.

Supply chain management including automated inventory management, logistics, and multiple locations for inventory.

Simulation case study problem formulations and objectives define the reasons for performing the simulation. Some examples of study objectives might be to evaluate the best site for a new plant, create a better layout for an existing facility, determine the impact of a proposed new machine on shop production capacity, or evaluate alternative scheduling algorithms. (McLean 2003.)

Simulation textbooks typically recommend that a ten to twelve step process be followed in the development of simulation case studies. The recommended approach usually involves the following steps: (1) problem formulation, (2) setting of objectives and overall project plan, (3) model conceptualization, (4) data collection, (5) model translation into computerized format, (6) code verification, (7) model validation, (8) design of experiments to be run, (9) production runs and analysis, (10) documentation and reporting, and (11) implementation (Banks et al. 1998).

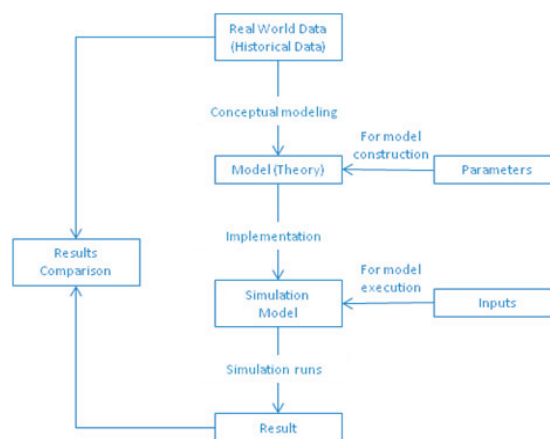


Figure 2: Simulation modelling and executing steps (Shao 2008.)

What is manufacturing simulation? In *The Handbook of Simulation*, Jerry Banks defines simulation as: "... the imitation of the operation of a real-world process or system over time. Simulation involves the generation of an artificial history of the system and the observation of that artificial history to draw inferences concerning the operational characteristics of the real system that is represented. Simulation is an indispensable problem-solving methodology for the solution of many real-world problems. Simulation is used to describe and analyze the behaviour of a system, ask what-if questions about the real system, and aid in the design of real systems. Both existing and conceptual systems can be modelled with simulation." (Banks 1998.)

Manufacturing simulation focuses on modelling the behaviour of manufacturing organizations, processes, and systems. Organizations, processes and systems include supply chains, as well as people, machines, tools, and information systems. For example, manufacturing simulation can be used to:

Model "as-is" and "to-be" manufacturing and support operations from the supply chain level down to the shop floor

- Evaluate the manufacturability of new product designs
- Support the development and validation of process data for new products
- Assist in the engineering of new production systems and processes
- Evaluate their impact on overall business performance
- Evaluate resource allocation and scheduling alternatives
- Analyze layouts and flow of materials within production areas, lines, and workstations
- Perform capacity planning analyses
- Determine production and material handling resource requirements
- Train production and support staff on systems and processes

Develop metrics to allow the comparison of predicted performance against "best in class" benchmarks to support continuous improvement of manufacturing operations (McLean 2002.)

## GENETIC ALGORITHMS

An implementation of a genetic algorithm begins with a population of (typically random) chromosomes. One then evaluates these structures and allocates reproductive opportunities in such a way that those chromosomes which represent a better solution to the target problem are given more chances to reproduce than those chromosomes which are poorer solutions.

The goodness of a solution is typically defined with respect to the current population. This particular description of a genetic algorithm is intentionally abstract because in some sense, the term genetic algorithm has

two meanings. In a strict interpretation, the genetic algorithm refers to a model introduced and investigated by John Holland (1975) and by students of Holland (e.g., DeJong, 1975). It is still the case that most of the existing theory for genetic algorithms applies either solely or primarily to the model introduced by Holland, as well as variations on what will be referred to in this paper as the canonical genetic algorithm. Recent theoretical advances in modelling genetic algorithms also apply primarily to the canonical genetic algorithm (Vose, 1993).

In a broader usage of the term, a genetic algorithm is any population-based model that uses selection and recombination operators to generate new sample points in a search space. Many genetic algorithm models have been introduced by researchers largely working from an experimental perspective. Many of these researchers are application oriented and are typically interested in genetic algorithms as optimization tools. (Whitley 1995)

The use of genetic algorithms requires five components:

A way of encoding solutions to the problem - fixed length string of symbols.

An evaluation function that returns a rating for each solution.

A way of initializing the population of solutions.

Operators that may be applied to parents when they reproduce to alter their genetic composition such as crossover (i.e. exchanging a randomly selected segment between parents), mutation (i.e. gene modification), and other domain specific operators.

Parameter setting for the algorithm, the operators, and so forth. (Jones 1996)

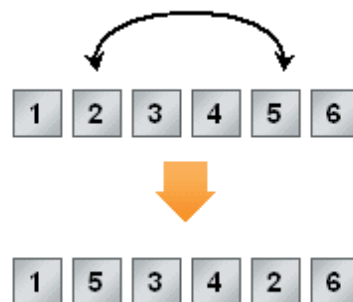


Figure 3: Mutation for a sequential task (Tecnomatix 2008)

The simulation model uses the genetic algorithm for a sequential task. The logic to produce a new population is shown on Figure 3. Several test runs were made in order to identify the right settings of the algorithm. The statistical operators were configured after real life data test runs, to make the algorithm converge faster. The runs showed at last, that the population size has to be set to 10 and the simulated generations' numbers were 20. This



was a main question among others, because the simulation running time was limited up to one and half an hour.

#### Scheduling

Scheduling has been defined as the art of assigning resources to tasks in order to insure the termination of these tasks in a reasonable amount of time. The general problem is to find a sequence, in which the jobs (e.g., a basic task) pass between the resources (e.g., machines), which is a feasible schedule, and optimal with respect to some performance criterion. A functional classification scheme categorizes problems using the following dimensions:

- Requirement generation,
- Processing complexity,
- Scheduling criteria,
- Parameter variability,
- Scheduling environment.

Based on requirements generation, a manufacturing shop can be classified as an open shop or a closed shop. An open shop is “build to order”, and no inventory is stocked. In a closed shop the orders are filled from existing inventory.

Processing complexity refers to the number of processing steps and workstations associated with the production process. This dimension can be decomposed further as follows:

- One stage, one processor,
- One stage, multiple processors,
- Multistage, flow shop,
- Multistage, job shop.

The one stage, one processor and one stage, multiple processors problems require one processing step that must be performed on a single resource or multiple resources respectively.

In the multistage, flow shop problem each job consists of several tasks, which require processing by distinct resources; but there is a common route for all jobs.

Finally, in the multistage, job shop situation, alternative resource sets and routes can be chosen, possibly for the same job, allowing the production of different part types.

The third dimension, scheduling criteria, states the desired objectives to be met. They are numerous, complex, and often conflicting. Some commonly used scheduling criteria include the followings:

- Minimize total tardiness,
- Minimize the number of late jobs,
- Maximize system/resource utilization,
- Minimize in-process inventory,
- Balance resource usage,
- Maximize production rate.

The fourth dimension, parameters variability, indicates the degree of uncertainty of the various parameters of the scheduling problem. If the degree of uncertainty is insignificant, the scheduling problem could be called deterministic. For example, the expected processing time is six hours, and the variance is one minute. Otherwise, the scheduling problem could be called stochastic.

The last dimension, scheduling environment, defined the scheduling problem as static or dynamic. Scheduling problems in which the number of jobs to be considered and their ready times are available are called static. On the other hand, scheduling problems in which the number of jobs and related characteristics change over time are called dynamic. (Jones 1998)

According to the previous classification the modelled system can be classified as:

- Open shop,
- Multistage, flow shop,
- The processing times are treated as deterministic,
- Job characteristic is dynamic.

#### Modeling and simulation runs

This model is a planning tool which is able to answer several questions of the complex production planning. The creation of the model followed the physical parameters of the real system. The iteration process of the modelling was difficult because it had to handle the product mounting time. The mounting times were gained from the real production system, but the collection and filtering was made inside the simulation model, to prepare the data ready for production inside the simulation.

#### Model building

Plant Simulation provides a number of predefined objects for simulating the material flow and logic in a manufacturing environment. There are five types of main object groups from Plant Simulation:

**Material flow objects:** Objects used to represent stationary processes and resources that process moving objects.

**Moving objects:** Objects used to represent mobile material, people and vehicles in the simulation model and that are processed by material flow objects. Moving objects are more commonly referred to as MUs.

**Information flow objects:** Objects used to record information and distribute information among objects in the model.

**Control objects:** Objects inherently necessary for controlling the logic and functionality of the simulation model.

**Display and User interface objects:** Objects used to display and communicate information to the user and to prompt the user to provide inputs at any time during a simulation run.

SimTalk is the programming language of Plant Simulation; it was specifically developed for application in Plant Simulation models. The Method objects are used to dynamically control and manipulate models. SimTalk programs are written inside method objects and executed every time the method is called during a simulation run.

The logical structure of the model was created on basis of Plant Simulation provided level structure. So it was a “simple” planning step to divide the model into specified functional levels. Different folders and frames are used in order to implement the line structure, the data handling for manufacturing programs and the basic data for the manufactured products. However, the scheduling of the production program has its own separate level.

The data input and output of the model work with the Excel Interface of Plant Simulation. Users can manipulate the parameter settings and see the results of the simulation runs on this easy way independently from Plant Simulation – no special simulation knowledge is asked.

User interface has been implemented for the model in order to handle the simulation model and the several built-in functions, which are to test the simulated line behaviour. This handling tool, which is shown on Figure 4, helps the manufacturing engineer to plan tasks and solve rescheduling problems on the line.



Figure 4: Simulation models of the line parts

## MODEL VALIDATION AND VERIFICATION

Validation and verification of the model is formulated as follows:

Model validation: process of demonstrating that a model and its behaviour are suitable representations of the real system and its behaviour with respect to (w.r.t.) intended purpose of model application.

Model verification: process of demonstrating that a model is correctly represented and was transformed correctly from one representation form into another, w.r.t. transformation and representation rules, requirements, and constraints. (Rabe 2008)

There are many techniques to validate and verify the

model. The physical environment has high influence on the method which is adaptable to verify and validate the model. In this particular case together with experts from the enterprise a structured walkthrough was possible to use for this system model. For special throughput data of the line it was possible to make historical data validation.

## SIMULATION RUNS AND RESULTS

The regular use of the simulation was secured with the several setting function, among them the line speed, the different value setting of the palettes on the separated lines, lot size limitations, and daily production program definition function.

With the simulation model it is possible to gain information about the system elements, for example how they are working in time, their occupation and empty time – waiting, etc. (Figure 5). Not only the elements can be obtained, but also the different working scenarios of the planned system load are about to be tested.

The simulation test runs with manufacturing data brought the following most important results:

The simulation model is capable for everyday usage.

To bring more efficiency 2-3 days are to be handled with the rescheduling algorithm.

It is able to reduce lead time with 1-10%, this depends on product mixtures.

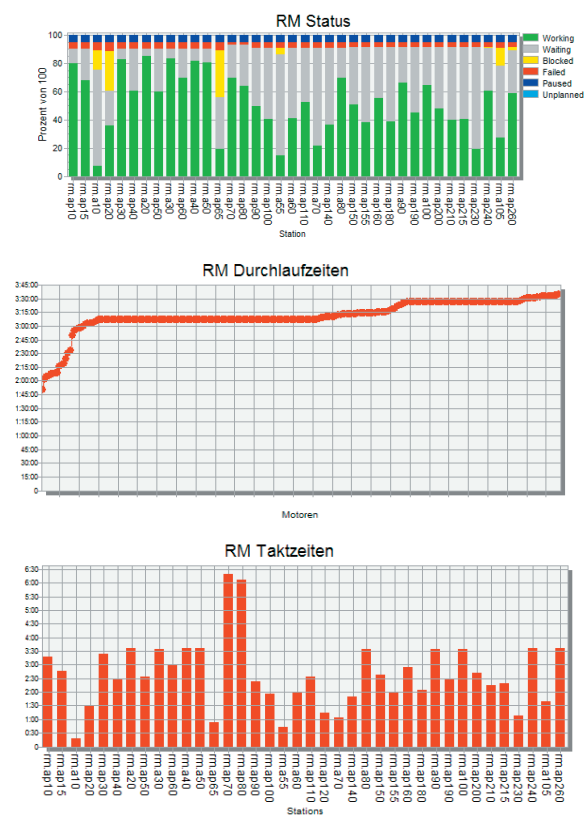


Figure 5: Evaluation diagrams of the modelled production system

The simulation model building and the test runs at the enterprise show that the simulation technique is suitable for the manufacturing planning. The model and the line connection mean in this case that the real data application could be made much better. This depends on both sides; the model structure has to be modified if the physical system is able to give over real time data. In this matter the rescheduling and the simulation tool could be not only the planning tool, but also it would be the production control tool.

## CONCLUSIONS

The paper focuses on the applicability of simulation technology in production schedule of a production oriented firm and on the possibilities of planning and controlling the manufacturing process with simulation method in the automotive industry. A simulation model for manufacturing line planning and its establishment process is presented.

The paper discusses the questions of simulation and scheduling problems, these questions help to classify the physical system and the simulated problem.

Model validation and verification are taken into consideration after the presentation of the implemented genetic algorithm for production sequence optimization.

The most important benefits were highlighted based on the results of simulation runs.

## REFERENCES

- [1] Edited by: Jerry Banks, 1998. Handbook of simulation, Principles, Methodology, Advances, Application and Practice. Atlanta: John Wiley & Sons Inc.
- [2] GUDEHUS T., 1999. Logistik Grundlagen Strategien Anwendungen. Berlin : Springer.
- [3] HOPP, W. J., SPEARMAN, M.L., 2008. Factory Physics. Boston : McGraw-Hill.
- [4] JONES, A., RIDDICK, F., RABELO, L., 1996. Development of a Predictive-Reactive Scheduler Using Genetic Algorithms and Simulation-based Scheduling Software. National Institute of Standards and Technology, Ohio University. Available from: <http://www.nist.gov> [accessed 18 May 2009]
- [5] JONES, A., RABELO, L., 1998. Survey of Job Shop Scheduling Techniques, National Institute of Standards and Technology, California Polytechnic State University. Available from: <http://www.nist.gov> [accessed 18 May 2009]
- [6] KUHN A., TEMPELMEIER H., ARNOLD D., ISERMANN H., 2002. Handbuch Logistik. Berlin : Springer.
- [7] RABE, M., SPIECKERMANN, S., WENZEL, S., 2008. Verifikation und Validierung für die Simulation in Produktion und Logistik, Berlin: Springer.
- [8] MCLEAN, C., LEONG, S., 2002. The Role of Simulation in Strategic Manufacturing. Manufacturing Simulation and Modeling Group National Institute of Standards and Technology. Available from: <http://www.nist.gov> [accessed 18 May 2009]
- [9] MCLEAN, C., SHAO, G., 2003. Generic Case Studies for Manufacturing Simulation Applications. National Institute of Standards and Technology. Available from: <http://www.nist.gov> [accessed 18 May 2009]
- [10] PFEIFFER, A., 2007. Novel Methods for Decision Support in Production Planning and Control. Thesis (PhD). Budapest University of Technology and Economics.
- [11] SCHÖNSLEBEN, P., 2007. Integrales Logistikmanagement, Operations and Supply Chain Management in umfassenden Wertschöpfungsnetzwerken. Berlin : Springer.
- [12] SHAO, G., MCLEAN, C., BRODSKY, A., AMMAN, P., 2008. Parameter Validation Using Constraint Optimization for Modeling and Simulation. Manufacturing Simulation and Modeling Group, National Institute of Standards and Technology. Available from: <http://www.nist.gov> [accessed 18 May 2009]
- [13] STANDRIDGE, C., 2000. Teaching Simulation Using Case Studies. Proceedings of the 32nd on Winter Simulation Conference, pp. 1630-1634. December 10-13, Orlando, (Florida, USA).
- [14] Tecnomatix Technologies Ltd., 2006. Tecnomatix Plant Simulation Help.
- [15] VOLLMANN, T.E., BERRY, W. L., WHYBARK, D.C., JACOBS, F.R., 2005. Manufacturing Planning and Control Systems for Supply Chain Management. New York: McGraw-Hill.
- [16] WHITLEY, D., 1995. A Genetic Algorithm Tutorial. Statistics and Computing Vol. 4:65-85.

## AUTHORS BIOGRAPHY

János Jósvai is working at the Széchenyi István University, Győr, Hungary. He is a PhD candidate, his field is manufacturing planning and simulation methods. He has several year experiences in material flow simulation of manufacturing systems and in production process planning. In the field of research and development he spent significant time aboard with international cooperation in matter of digital factory.

# A VÁLLALATI KÖRNYEZETPOLITIKA INFORMATIKAI TÁMOGATÁSI LEHETŐSÉGEI

## THE INFORMATICS SUPPORT OPPORTUNITIES OF THE CORPORATE ENVIRONMENT POLITICS

*Kormány Eszter\*, Dr. Bakó András\*\**

### ABSTRACT

*We can approach to the relationship of the corporate environmental policy and of the information systems from two directions. One direction is when we examine the supporting role of the information tools, i.e. how can we support the much more precise data collection and the decision-making process. The other direction is to examine the size of the environmental strains caused by information systems and by its operations and how to reduce them.*

*In this paper I present the role of a concrete information tool proving that business procedure models are from environmental affect's point of view are transparent, the corporate procedures are measurable and provide effective help to the environmental-focused ERP and to the IT support of the operation.*

### BEVEZETÉS

A jövő üzlete az egymásra és a Földre is tekintettel lévő, felelős profitszemléletben van. Ezért fel kell ismerünk, hogy a gazdasági, társadalmi és környezetvédelmi kihívások egyre szorosabban összefüggnek egymással, kezelésük átfogó megközelítést igényel. Akár új tervet készítünk a fenntarthatóságra, akár meglévő stratégiánkba kívánjuk beépíteni, a feladat szükségessé teszi az üzleti folyamatok újragondolását, és új kockázatok és lehetőségek felmérését.

A vállalat gazdasági folyamatainak menedzselésére kifejlesztett AVE ARIS módszertan lehetőséget biztosít arra, hogy a gazdasági és környezetpolitikai célokat, a célok megvalósítását támogató IT megoldásokat együttesen kezelhessük. Ezzel lehetőséget biztosítunk a döntéshozatalnál a különböző érdekeltségi területek együttes kezelésére.

A vállalati környezetpolitika kialakításakor a vezetők-

nek célokat kell kitűzni, hogy az egyes környezeti elemek terhelését milyen mértékben kívánják csökkenteni. Ezután a működő folyamatok átvizsgálásával, a kritikus terület megjelölésével lehet javaslatot tenni a célok megvalósításának módjára. A tanúsítvány megszerzése után a feladat a környezetközpontú irányítási rendszer működtetése, teljesítményének mérése, értékelése és folyamatos fejlesztése. Ezt egy egységes vállalati architektúrán alapuló folyamatmenedzsmenttel és az erre épülő, a vállalat határain túlnyúló integrált vállalati irányítási rendszer segítségével lehet hatékonyan működtetni.

A cikkben bemutatom, hogy az AVE ARIS (ARIS Value Engineering) módszertan, valamint a szolgáltatás alapú architektúrára épülő informatikai támogatás megoldást nyújt a környezettudatos vállalati működés kialakításához. Az első részében bemutatom az ARIS Toolset folyamatmodellező eszközt, majd a környezetközpontú irányítási rendszerekkel szemben támasztott ISO 14001-es szabvány szerinti követelményeket. A továbbiakban bizonyítom, hogy az ARIS Toolset eszközkészlete a szabványban leírt követelmények teljesítését támogatja. Végül egy lehetséges megoldást vázolok fel arra, hogyan lehet a környezettel kapcsolatos folyamatokat támogató informatikai megoldásokat beépíteni a már meglévő integrált információs rendszerekbe, felhasználva a környezetközpontú irányítási rendszer bevezetésekor elkészített modelleket.

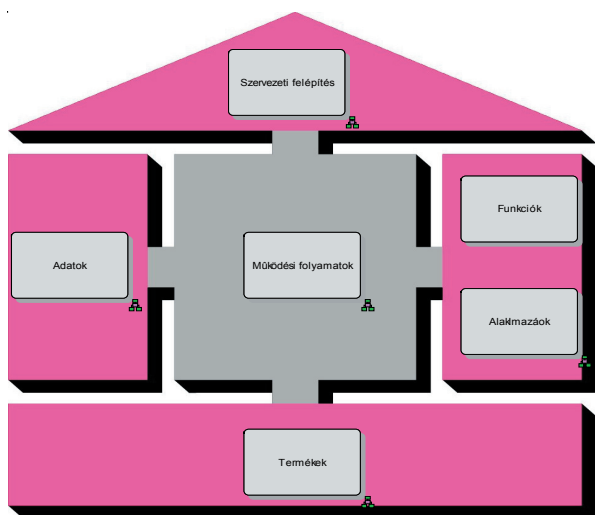
### AZ ARIS MÓDSZERTAN

Az ARIS egy modern vállalatszervezési szemléletet kialakítását támogatja grafikus tervező felület segítségével. A vállalatot egy egységként kezelve, középpontba helyezve a működési folyamatokat modellezhetjük a vállalat működését. Az 1. ábrán szereplő „ARIS ház” szemléletesen bemutatja a különböző „szerkezeti elemeket” és ezek kapcsolódási pontjait.

\* doktorandusz, PhD hallgató, Széchenyi István Egyetem, Győr, Egyetem tér 1., Műszaki Tudományi Kar, Doktori Iskola, email: kormany.eszter@rkk.bmf.hu

\*\* témavezető: egyetemi tanár Széchenyi István Egyetem, Közlekedési Tanszék





1. ábra. ARIS ház

A módszer kialakítása és folyamatos fejlesztése August-Wilhelm Scheernek a saarbrückeni Saarland University professzorának és munkatársainak munkája. Az ARIS mozaikszó, az „Architektur integrierter Informationssysteme” német szavak kezdőbetűiből áll össze, lefordítva: „Integrált Információ-rendszerek Architektúrája”, (angolul Architecture of Integrated Information Systems). Ahogy az elnevezéséből és az előbbi ábrából is látszik, a szoftver a vállalati információkat integráltan kezeli, több nézetből biztosít lehetőséget az elemzéshez. Az ARIS koncepció megalkotásakor az volt a cél, hogy egy közös nyelvet alakítsanak ki az informatikusok, tanácsadók és a menedzserek között, amely könnyen érthető, egyszerűen elsajátítható. Ennek szellemében az ARIS egy olyan egységesített grafikus leíró nyelv, amely szemléletesen dokumentálja a működést, a funkciókat, az adatokat, a szervezeteket és az ezeket összefogó folyamatláncokat.

Az ARIS Toolset programcsomag az ARIS koncepció gyakorlati megvalósításához szükséges eszköztár. A vállalat alaptermékének tekinthető szoftvert 1993-ban hozták forgalomba. A programcsomag több komponensből épül fel (Modellezés, Analízis/ Szimuláció, Tevékenység-alapú költségszámítás, Jelentéskészítés, stb.). Az eszközök alkalmazása segíti a felhasználókat az összetett üzleti folyamatok modellezésében, az elkészített modellek sokoldalú kiértékelésében és elemzésében. Hozzájárul az üzleti folyamatok és a vállalati működés jobb megértéséhez. A programrendszert megalkotásától kezdve folyamatosan fejlesztik. Napjainkban a Toolset csak egy része az AVE ARIS (ARIS Value Engineering) módszertanon alapuló ARIS szoftvercsaládnak, amely számos további lehetőséget kínál a vállalati működési folyamatok menedzselésére. Működését a következő négy pillérré építi:

- a folyamatok kezelésének, irányításának stratégiája,
- a folyamatok meghatározása és tervezése,
- a folyamatok megvalósítása, adott üzleti környezetbe

illesztése,

- a folyamatok működésének felügyelete [8].
- Az ARIS módszertan magában foglalja a környezetközpontú irányítási rendszerrel szemben támasztott követelményeket. Koordinálja a környezeti vonatkozású tervezést, irányítást, ellenőrzést és információellátást, biztosítja a rendszernek és működésének megfelelő dokumentálását.

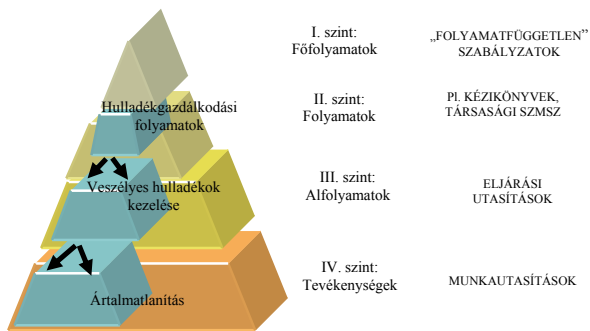
## AZ ARIS KONCEPCIÓ ALAPELVEI

Az ARIS a vállalati működést, az üzleti folyamatokat modellező és elemző módszertan és az ezt támogató komplett informatikai eszköztár. Ahhoz, hogy ez a modellezési koncepció az összes felmerülő vállalati információs igénynek eleget tudjon tenni, egységes szabályok szerint kell működnie. Ezt a szabályrendszert két fő rendező elv mentén alakították ki: a szétválasztás elve és a leíró szintek elve szerint. Az ARIS architektúra kialakításának kiindulópontját, az üzleti folyamatok leírását szolgáló vállalatmodell képezi [4].

A szétválasztás elve a vállalati működés komplexitásának csökkentése érdekében különböző statikus leíró nézetekben vizsgálja meg a vállalatot (adat-, szervezeti és funkcionézet). Az egyes nézetekben különféle modell típusokat használ a vállalati működés ábrázolására, amelyeket végül egy dinamikus (irányítási-) nézetben kapcsol össze egy teljes modellé.

A tervezés során általában több lépésen keresztül juthatunk el a ténylegesen kiválasztott folyamatokig. Az elemzések megkönnyítésére különböző mélységig részletezett modellekre van szükségünk. Az ARIS architektúra a leíró nézetek és a leíró szintek összességéeként keletkezik.

Az ARIS módszertan további fontos alapelve, hogy a vállalati folyamatstruktúra kialakítását top-down módszerrel hajtjuk végre. Ennek megfelelően a vállalati folyamatok legfelsőbb szintje az adott vállalat főbb folyamatcsoportjait ábrázolja. Ebből a fő áttekintő modellből kiindulva a fő tevékenységeket, kisebb logikai egységekre bontjuk, és további 1-2 áttekintő modellezési szinten kell őket részletesebben ábrázolni. A cél, hogy a „legalsó” áttekintő szint funkciói olyan logikai egységeket képezzenek, amelyeket egyértelműen ki lehet fejteni részletező modellek formájában. A modellezés során alkalmazandó folyamat szinteket az alábbi ábra mutatja be:



2. ábra Top-down módszertan és szabályozási rendszer kapcsolata (forrás: IDS Scheer konferencia 2007 alapján)

## AZ ARIS NÉZETEI ÉS A TIPIKUS MODELLEK

A vállalat működésének leírására nézeteként különböző modell típusok állnak rendelkezésünkre. Ezek sablonok, amelyekkel elkészíthetjük a vállalatunk működését leíró modelleket.

A modellek objektumokból épülnek fel, melyeknek konkrét példányait a modellezés során kell meghatározni. Ilyen objektumok például az események, folyamatok, felhasználók, szervezeti egységek, IT erőforrások, alkalmazási rendszerek, stb.. Az objektumok megjelenítésére előre definiált szimbólumokat, használhatunk. Az objektumok meghatározása után definiálnunk kell az objektumok között fennálló kapcsolatokat, amelyeket nyilak illetve vonalak segítségével ábrázolhatunk. Az objektumok közötti kapcsolatok az egyes nézeteken belül igen erősek, a nézetek között relatív egyszerűek és lazák. Így az egyes nézetekben a modellek független elemzésére nyílik lehetőség. Mind a modellekhez, mind az objektumokhoz és kapcsolatukhoz meghatározhatunk attribútumokat, amelyek alkalmasak az elemek tulajdonságainak tárolására. Az alábbiakban bemutatok néhány olyan modell típust, melyet fel lehet használni a környezetközpontú irányítási rendszer bevezetésének előkészítéséhez.

### AZ ADAT NÉZET

Az üzleti tranzakciókkal, tevékenységekkel, folyamatokkal és a közöttük fennálló összefüggésekkel kapcsolatos adatokat, amelyeket a kialakítandó rendszernek majd kezelnie, az ARIS adat nézetében ábrázolhatjuk.

A modellezés során az adatstruktúrák megtervezése az egyik legmeghatározóbb és legmesszebbre ható tevékenység. Csak logikusan felépített adatstruktúra esetén képzelhető el a folyamatok hatékony számítógépes támogatása.

## KIBŐVÍTETT EGYED KAPCSOLAT MODELL - EERM

Az adat nézetben belüli részletes modellezésnél a leggyakrabban használt modell típus az eERM (extended Entity Relationship Model). A modell legfontosabb objektumai az egyedek - olyan valós dolgok, ill. elvont fogalmak, amelyek a vizsgált vállalati folyamatok és azok megvalósításához szolgáló tevékenységek szempontjából jelentőséggel bírnak. A kapcsolatok - amik jelzik az entitások közötti logikai összefüggéseket és az attribútumok - amik képviselik az egyedek és kapcsolataik konkrét tulajdonságait.

Adatmodellezéskor a hasonló tulajdonságokkal rendelkező információs objektumokat egy csoport alá rendljük, melyet egyed típusnak nevezünk. Az egyed típusokat olyan táblázatként is felfoghatjuk, melynek soraiban az egyedek, oszlopaiban pedig az egyedeket leíró tulajdonságok találhatók. Az egyed típusok közötti logikai összefüggéseket kapcsolat típusnak nevezzük. Az adatkör (cluster) egy komplex objektum leírásához szükséges adatmodell entitás- és kapcsolattípusainak logikai úton történő összefoglalása [9].

### SZAKKIFEJEZÉS DIAGRAM

A vállalatok többségénél az adat-objektumok definiálására nagyszámú kifejezés áll rendelkezésre. Gyakran előfordul azonban, hogy a vállalatban belüli terminológia nem egységes, többféle kifejezést használnak ugyanarra a fogalomra, vagy egy kifejezéssel különböző dolgokat jelölnek. Ez teszi szükségessé egy szakkifejezés modell létrehozását. Ennek célja egyedülálló és konzisztens szakkifejezések definiálása a vállalatban belül, elsősorban a modellezési folyamatot megelőzően, illetve a folyamat közben.

Egy szakkifejezés az adott vállalat kommunikációs környezetének egy kifejezése, ami lehetővé teszi a különböző vállalati csoportok közötti hatékony kommunikációt. A vállalat különböző részeiben létező szinonimák egyesítése az üzleti objektumokkal kapcsolatos kommunikációt sokkal egyszerűbbé teszi [9].

### TUDÁS STRUKTÚRA DIAGRAM

Ezt a diagramot az adott vállalati terület működtetéséhez szükséges tudás összegyűjtésére és megjelenítésére használhatjuk. Ilyen típusú modellben tartjuk nyilván például a jogszabályokat.

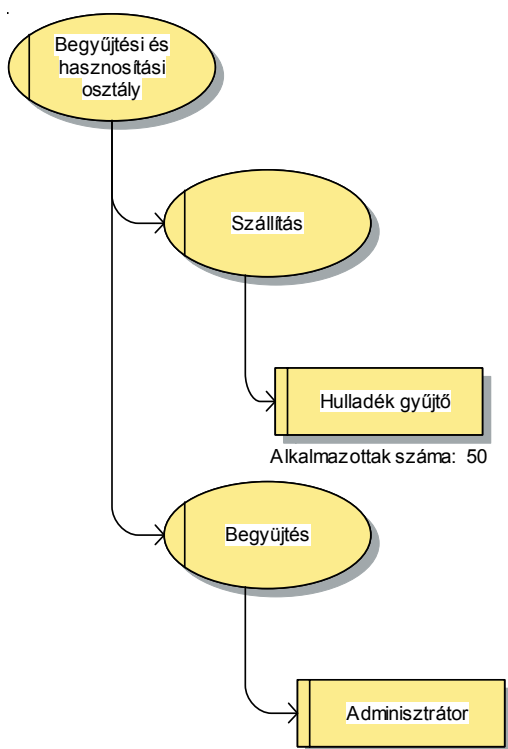
### A SZERVEZETI NÉZET

A szervezeti nézet azoknak a különböző szervezeti egységeknek a statikus kapcsolatait írja le, amelyek a

vállalaton belül a tevékenységek végrehajtásáért felelősök. Lényegében a szervezeti struktúra kerül dokumentálásra, amelynek alkalmas eszköze lehet a szervezeti ábra. Ezeknek a modelleknek a segítségével megállapítható, hogy a vállalaton belül ki miért felelős, valamint kiolvashatóak a jelentési kötelezettségek is. A folyamatokkal kapcsolatos esetleges problémák gyorsabban megoldhatóak általuk, hiszen a felmerült probléma helye könnyen azonosítható és a megfelelő szervezeti egységekhez, felhasználói tevékenységekhez köthető.

### SZERVEZETI ÁBRA

A szervezeti ábra a vállalat szervezeti struktúráját rajzolja le, összhangban a szervezeti elemekkel, azok kapcsolataival, ill. strukturális kritériumaival.



3. ábra Szervezeti ábra

A vállalati célok eléréséhez szükséges feladatok végrehajtói a szervezeti egységek, amelyek a megadott kritériumok alapján lettek kialakítva (például egy szervezeti egységet alkotnak a hasonló vagy kapcsolódó feladatok végrehajtói). A hasonló tulajdonsággal rendelkező szervezeti egységek egy csoportba, a szervezeti egység típusba sorolhatóak. Hasonló tulajdonság lehet például az azonos hatáskör és felelősség. A beosztás a legkisebb szervezeti elem a vállalaton belül.

A személyek a vállalat valós alkalmazottai, akik beosztásokhoz vagy közvetlenül szervezeti egységekhez rendelhetők. A személy típust az azonos tulajdonságokkal (például felhatalmazott, felelős, stb.) leírható szemé-

lyek csoportja képezi. A külső személy olyan munkatársat jelöl, aki nem tagja a vállalat szervezeti hierarchiájának, de meghatározott időtartamig részt vesz a vállalat működésében. Egy csoport olyan személyek együttesét jelöli, akik meghatározott ideig dolgoznak együtt egy specifikus feladaton, adott erőforrás keretével gazdálkodva (például egy projekt csapat) [9].

### A FUNKCIÓ NÉZET

A funkció nézetben a vállalati működés funkciók szerinti tagolása és bemutatása a cél. A funkció az üzleti folyamaton belül egy információs objektumon elvégzett szakmai feladatot illetve műveletet jelent, amely a vállalati célok elérése érdekében történik. Ez a tevékenység jól körülhatárolható, egyértelműen meghatározza, hogy a folyamat adott szakaszában mi a teendő (például egy mérési eredmény rögzítése, veszélyes hulladék ártalmatlanítása).

A folyamat sok egymás után végrehajtandó tevékenységből épül fel, amely a funkcionézetben statikusan jelenik meg. A funkció és a folyamat közötti különbség, hogy egy funkció leírja, mit kell tenni (statikus nézet); egy folyamat leírja, hogyan kell valamit tenni (dinamikus nézet).

Az egyes funkciók helyét az adja meg a modell-hierarchiában, hogy az absztrakció milyen fokát képviselik. A beszerzés funkciót feloszthatjuk szállítók minősítése, ajánlatkérés, ajánlatok feldolgozása, megrendelés, beérkezett anyagok kezelése alfunkciókra.

A folyamatleírásban a funkciók mindig egy eseményből indulnak ki (például a hulladék keletkezése), és egy esemény jelzi a végüket (például a hulladék feldolgozása). Ez a szoros kapcsolat teszi lehetővé a funkciók dinamikus nézetbe való átültetését, hiszen az események a funkciók időbeli sorrendjét is meghatározzák [9].

### FUNKCIÓFA

A funkciók ábrázolására legtöbbször a funkciófát alkalmazzák, ahol az egyes funkciók hierarchikus tagolásban követik egymást. Az ábrázolás célja a fő tevékenységek közötti statikus relációk áttekintése. A több alfunkcióra felbomló komplex funkciók így grafikusán is megjeleníthetők. A funkcionézet szerinti modellezés ezen a szinten akkor fejeződhet be, ha már az összes alapvető funkciót sikerült feltérképezni.

### CÉLDIAGRAM

A vállalatunk számára definiált és egyben hierarchizált célokat a céldiagrammal jeleníthetjük meg. A célok elérésének mérésére mutatókat illetve paramétereket adhatunk meg. Kijelölhetjük a célokhoz tartozó kritikus

sikertényezőket, továbbá minden egyes célnál ábrázolhatjuk, hogy a vállalat mely tevékenységei vagy folyamatai segítik a cél elérését.

## AZ ALKALMAZÁSI RENDSZER (TÍPUS) DIAGRAM

A modell a vállalatnál használt alkalmazási rendszer típusok (például az ARIS Toolset), modul típusok (például az SAP modulok) és IT funkció típusok hierarchizált struktúráját írja le, tekintettel a különböző operációs rendszerekre és interfészekre. Az adathordozók kiválasztásánál többek között fájl, dokumentáció, fax, telefon és dosszié objektumok közül választhatunk.

A diagram segítségével megállapíthatjuk, hogyan támogatják a vállalati tevékenységeket az informatikai alkalmazások; a vállalat az adott alkalmazási rendszernek milyen moduljait használja; milyen tranzakciók, program modulok szükségesek az adott feladat elvégzéséhez.

## AZ IRÁNYÍTÁSI NÉZET

Az irányítási nézet egy dinamikus nézet, amely megteremt a kapcsolatot az egyes statikus nézetek között. Lehetőségünk van a statikus nézetek páronkénti összekapcsolására, illetve megjeleníthetjük mind a három nézetet egy közös modellben.

A funkció- és adat nézet összekapcsolása révén megállapíthatjuk, melyek a tevékenységeink input/output adatai. Milyen adatok cserélődnek ki a tevékenységek között. Melyik tevékenységnek van szüksége ugyanarra az adatra.

A szervezeti nézet és az adat nézet összekapcsolása abból áll, hogy a szervezeti egységekhez adatokat rendelünk hozzá. Ezáltal könnyen áttekinthetjük, hogy kinek a felelőssége az adatbiztosítás. Melyik információ melyik hálózaton érhető el. Ki és milyen felelősséggel melyik adatot érheti el. Melyik szervezeti elemnek milyen adata van szüksége.

A funkció- és szervezeti nézet összekapcsolását a funkciófában ábrázolt funkciók és a szervezeti ábrában szereplő szervezeti egységek összerendezésével érhetjük el. Ennek eredményeként megtudhatjuk, hogy mely tevékenység, mely szervezeti elemre hat; mely szervezeti elemek mely tevékenységek végrehajtásáért felelősek; mely szervezeti elemeket kell informálni a tevékenység elvégzésének eredményéről.

Mindhárom nézet összekapcsolásához a kibővített eseményvezérelt folyamatlánc modellt használhatjuk. Ebben a diagramban az összes többi modellben használt információs objektum, funkció, esemény, szervezeti egység megjelenik, a köztük lévő kapcsolatokkal együtt. A nézet attól lesz dinamikus, hogy a folyamatmodellben szereplő objektumok már egy időbeli és logikus rendet követnek.

Az áttekinthető és teljes adatbázis létrehozása érdekében a statikus objektumokat csak egyszer lehet létrehozni/letárolni. A dinamikus objektumokra (funkció, esemény, logikai kapcsoló) ez a szabály nem vonatkozik. Az ARIS hivatkozási másolása segítségével újra felhasználhatóak a már létező objektumok, ugyanabban vagy más modellekben. Így összegyűjthetjük például, hogy egy munkatárs milyen feladatokban, milyen szereppel vesz részt, vagy hogy egy környezeti elemre mely területen, milyen mértékű hatás mutatható ki.

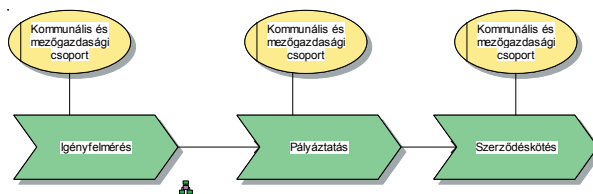
Egy hivatkozási másolás a már létező objektum definícióhoz új szimbólumot hoz létre. Ha egy objektum attribútumai módosulnak, az érinteni fogja az objektum összes hivatkozását, függetlenül attól, hogy a módosítás melyik objektum hivatkozásában, és melyik modellben történt. Ez biztosítja, hogy egy objektum csak egyszer legyen definiálva, de szükség szerint többször is felhasználható [9].

## TUDÁSTÉRKÉP

Az emberi erőforrás, a szervezet és a tudás összekapcsolására használt modell, amivel lehetővé válik, annak ábrázolása, hogy vállalaton belül ki milyen tudás birtokában van. Ezzel a szakértők könnyen azonosíthatóak a konkrét feladatokhoz és kérdésekhez. Elemezhető a tudás- és kompetencia-portfólió, feltárhatóak a hiányok. Így meghatározható a vállalati tudásmenedzsment fejlesztése.

## ÉRTÉKTEREMTŐ LÁNC DIAGRAM (VALUE ADDED CHAIN DIAGRAM)

Egy vállalat komplex üzleti folyamatait lehetetlen úgy megjeleníteni egyetlen diagramban, hogy azok könnyen átláthatóak legyenek. Ez a komplexitás egy folyamat hierarchia létrehozásával csökkenthető (*top-down elv*), ahol az absztrakció különböző szintjeit eltérő részletzettségű modellekkel írjuk le.



4. ábra: Üzleti folyamatok lebontása

Ennek a hierarchiának a tetején lévő áttekinthető folyamatábrából kiderül, hogy melyek a vállalat fő tevékenységei. A részletezés egy alacsonyabb szintjén a kulcsfolyamat minden egyes funkciója kifejthető egy másik értékteremtő lánc diagrammal. A funkciók tehát alfunkciókra bomolhatnak. Ez segíti a vállalat átlátható-



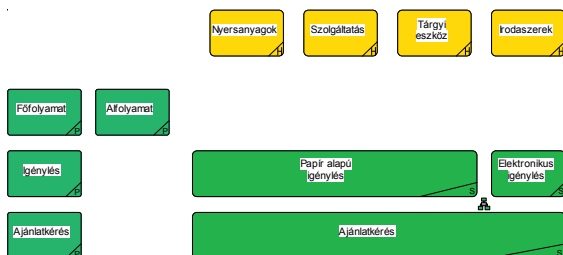
ságát és üzleti folyamatainak könnyebb megértését.

A diagram azon tevékenységek kapcsolatait reprezentálja, amelyek közvetlenül részt vesznek a vállalat értékteremtésében. A tevékenységeket időrendi és logikai sorrendben ábrázoljuk. Az ábrában az alá- és fölérendeltségi viszonyok mellett a tevékenységek szervezeti egységekhez (felelőségek) és információkhoz (input és output adatok) való viszonya is megjelenhet.

### FOLYAMAT KIVÁLASZTÁSI MÁTRIX (PROCESS SELECTION MATRIX)

Ahogy az értékteremtő lánc diagram, úgy a folyamat kiválasztási mátrix is áttekinthető diagramként használható. Kétdimenziós struktúrájának köszönhetően alkalmas folyamat variánsok, úgynevezett folyamat szcenáriók (forgatókönyvek) ábrázolására úgy, hogy a folyamat fő lépéseit hozzárendeljük az egyes szcenáriókhoz.

Bizonyos vállalati folyamatok azonos lefutásúak, de különböző döntési helyzeteket vizsgálva felfedezhetjük, hogy a folyamat lefutásokban eltérések jönnek létre. Például egy vállalat életében a beszerzés folyamata általában azonos: igény keletkezik, megvizsgálják jogos-e az igény, megvizsgálják belső forrásból kielégíthető-e, ha igen kielégítik, ha nem külső forrást keresnek, kiválasztják a megfelelőt, a megrendelést engedélyeztetik az illetékesekkel, majd megrendelik az igény kielégítésére alkalmas terméket, szolgáltatást.



5. ábra Folyamat kiválasztási mátrix

Ebben a szokásos folyamatmenetben azonban számos eltérés következhet be az egyes döntési pontoknál (például a beszállító kiválasztásánál). Ezeket a különbségeket megjeleníthetjük egy modellen belül elágazásokkal, vagy akár több rész-folyamatmodellben [9].

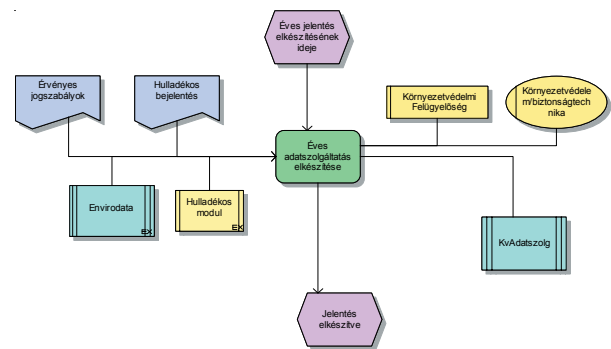
### KIBŐVÍTETT ESEMÉNYVEZÉRELT FOLYAMATLÁNC DIAGRAM- EEPC (EXTENDED EVEN DRIVEN PROCESS CHAIN)

Ez az egyik leggyakrabban használt modell típusa a folyamatok ábrázolására, mert az összes többi nézet objektumait képes egy modellben megjeleníteni. Egyszerre ábrázolhatóak az események, tevékenységek, szervezeti objektumok, adat objektumok, alkalmazási rendszere-

ket leíró objektumok, valamint a folyamat időbeli és tartalmi lefutását meghatározó logikai elágazások leírására használt logikai kapcsolók (és/ vagy/ kizárólagos vagy operátorok).

A „karcú” EPC-ben a folyamatok funkciók szerint dinamikus módon jelennek meg, tehát a folyamatot leíró események és funkciók időrendi és logikai sorrendbe vannak rendezve. Az események előidézhetnek funkciókat és lehetnek funkciók eredményei is. A folyamatlánc az események és a funkciók egymás utáni váltakozásával áll elő.

A kibővített eseményvezérelt folyamatlánc tovább bővül a folyamatban érintett szervezeti egységekkel és a kapcsolódó információ- és adatfeldolgozó rendszerekkel. Így nemcsak arra kapunk választ a folyamatláncot tanulmányozva, hogy mit kell tenni a kitűzött célok elérése érdekében, hanem arra is, hogy mikor és hogyan, milyen adatok és IT-eszközök segítségével tegyünk azt [9]



4. ábra: A kibővített eseményvezérelt folyamatlánc (részlet)- eEPC

### VÁLLALATI KÖRNYEZETPOLITIKA TÁMOGATÁSA ARIS SEGÍTSÉGÉVEL

Egy vállalat – ha szeretne megfelelni a társadalmi elvárásoknak és a környezetvédelmi jogszabályoknak – tisztában kell legyen azzal, hogy a tevékenysége milyen hatással van a környezetre. Figyelemmel kell kísérnie a terméke életútját a beszerzendő anyagoktól, a termelésen, működtetésen át, egészen az általa előállított termék életciklusának végéig vagyis, hogy hulladékként hogyan fejezi be pályafutását. Ehhez olyan irányítási rendszert kell alkalmazni, amely a környezetgazdálkodást beépíti a vállalat irányítási rendszerébe. Az ilyen rendszerrel szemben támasztott követelményeket a KIR (Környezetközpontú Irányítási Rendszer) alábbi alapelvei rögzítik:

- a tevékenység különböző környezeti elemekre gyakorolt hatásának értékelése, megelőzése és csökkentése;
- energiagazdálkodás, megtakarítások és lehetőségek;
- nyersanyag-gazdálkodás, megtakarítások, lehetőségek;
- szállítás;
- vízgazdálkodás és víztakarékosság;

- hulladékok keletkezésének megelőzése, visszaforgatása, újra használat, szállítás és lerakás;
- a telephely zajszennyezésének értékelése és csökkentése illetve megváltoztatása;
- terméktervezés (csomagolás, szállítás, használat és hulladéklerakás);
- szállítók és vállalkozók környezeti átvilágítása;
- balesetek megelőzése és hatásuk csökkentése;
- balesetek esetére vészhelyzet tervezés;
- a dolgozók informálása, képzése és részvétele a környezetvédelmi ügyekben;
- külső adatszolgáltatás, a nagyközönség bevonása, beleértve a panaszok orvoslását [3].

A KIR-t az ISO 14001 nemzetközi szabvány és/ vagy az EMAS az EU rendelete alapján kell kiépíteni, a vállalatnál alkalmazott technológiára a termékek, szolgáltatások előállítására, valamint a vonatkozó jogszabályok betartására [3].

A kiépítéshez az ARIS előbbieken ismertetett eszközkészletét felhasználva a vállalat működő folyamatait a KIR alapelveinek figyelembevételével kell átvilágítani. Az elemzések, értékelések elvégzése után a kijelölt célokhoz igazítva kell újjászervezni, majd működtetni a folyamatokat.

## **ISO 14000-ES SZABVÁNYSOROZAT ÁTTEKINTÉSE**

Az ISO 14001-es nemzetközi szabvány a környezetközpontú irányítási rendszer (KIR) követelményeit írja le. A leírás olyan, hogy alkalmazható mindenféle típusú és nagyságú szervezetben és igazodik különböző földrajzi, kulturális és társadalmi feltételekhez.

A szabvány az irányítási rendszer követelményeit a tervezés, vezetés és átvizsgálás dinamikus ciklusos folyamata alapján építi fel. Célja a környezetvédelem segítése és a szennyeződés olyan mértékű megelőzése, ami egyensúlyban van a társadalmi – gazdasági szükségletekkel [3].

Az alábbiakban bemutatom, hogy az ISO 14001 szabvány 4. pontját, a környezeti eredményesség vizsgálatát az ARIS üzleti folyamatmenedzsment eszközzel hogyan tudjuk támogatni.

A munka megkezdésekor érdemes kialakítani egy adatszótárt a közös nyelv használatához (szakkifejezés diagram). A tudás struktúra diagram kialakításával azonosíthatjuk az egyes területek szakértőit, vagy jelezhetjük ezek hiányát is. Az egységes modellkészítéshez meg kell állapodni az egységes szimbólumrendszer használatban. Létre kell hozni a felhasználók profiljait, a közös adatbázishoz-férés jogosultságainak megtervezésével. Ezután következhet a vállalat működő folyamatainak vizsgálata a környezetre gyakorolt hatás szempontjából. Az aktuális állapotot rögzítjük az ARIS különböző leíró modelljeinek segítségével. Ez a nagy munka, függ a vállalat méretétől, működő folyamatainak mennyiségétől,

a modellek részletezettségétől. A befektetett munka azonban bőségesen megtérül, mivel ez adja a későbbi elemzések alapját, melyhez az ARIS számos lehetőséget biztosít (pl. jelentések, szimuláció, web-es közzététel, valamint jogosultságnak megfelelő olvasás, módosítás lehetősége más felhasználók részére is).

Az elkészített modellek dokumentálják a működő folyamatokat. Ez a KIR kialakításának kiindulópontja. Ezután történhet a működés átvilágítása, a környezeti elemekre hatást gyakorló folyamatok azonosítása. Az elemzés során vizsgálható az egyes folyamatok környezetre gyakorolt hatásának mértéke. Az egyes környezeti elemek felől elemezve pedig kimutatható, hogy mely folyamatok, milyen hatással vannak a vizsgált környezeti elemre.

A következő lépés a terhelések csökkentése érdekében kitűzött célok megfogalmazása, valamint ezek eléréséhez szükséges tevékenységek leírása. Ehhez használhatjuk a céldiagramot. Ebben a modellben megadjuk, hogy a kívánt célok elérését mely funkciók támogatják. Felhasználva az előzetesen elkészített modelleket át kell vezetni a szükséges módosításokat, az új folyamatokhoz új modelleket kell készíteni, a modellek objektumaihoz pedig a vizsgálatokhoz szükséges tulajdonságokat beállítani. Következő lépés a mérések helyének, módjának megadása, szervezeti egységből szerepkörök (felelősök, végrehajtók) hozzárendelése az egyes funkciókhoz, majd a szükséges IT támogatás vizsgálata: hol megfelelő, hol kell változtatni, illetve hol kell kialakítani, illetve a mért eredmények kiértékeléséhez küszöbértékek, határértékek meghatározása. Ezek a lépések biztosítják a folyamatos működtetéshez, méréshez, kiértékeléshez szükséges adatokat.

A folyamatos változtatás, javítás, valamint a dokumentálhatóság, a rendszer kialakításából adódik. Egy projekt adatai egy adatbázisban integráltan kerülnek tárolásra, jogosultságnak megfelelően végezhető benne a különböző műveletek. A benne lévő adatok különböző szempontok szerint kérdezhetőek le, illetve a felmerülő igényeknek megfelelően új riportok kialakítása is lehetséges. A Web Publisher szolgáltatás segítségével az elkészített modellek, a modellekben szerepet játszó objektumok és tulajdonságaik web-es formában közzétehetőek. A változtatások elkészítése után egy gombnyomással előállítható az új verzió.

A különböző nézőpontokból készített jelentésekkel kimutathatók, hogy az egyes objektumok (szervezeti egység, beosztás, IT rendszer, adat, stb.) milyen folyamatban, milyen szerepkörben vesznek részt. Elektronikus adat esetén melyik információs rendszerben, melyik adatbázisban milyen formában kerül tárolásra, így a kötelező adatszolgáltatás egyszerűbb és pontosabb.

Modellezési fázisban a tulajdonságok (attribútumok) beállításával a nyersanyagok, segédanyagok származási helye, veszélyességi fokozata megadható, melyek további elemzést tesznek lehetővé. Anyagáramlás diagram segítségével például nyomon követhetőek a veszélyes anyagok.

Az alábbiakban nézzük az ISO 14001 4. fejezetének néhány pontját. Vizsgáljuk meg, hogy az egyes pontokhoz tartozó feladatokat hogyan támogatja az ARIS koncepció:

#### **Tervezés (a szabvány 4.3 pontja )**

##### **Környezeti tényezők (a szabvány 4.3.1 pontja)**

*>>A szervezet hozzon létre és tartson fenn olyan eljárás(oka)t, amely(ek) kimutatja (kimutatják) tevékenységének, termékeinek és szolgáltatásainak azokat a környezeti szempontjait, amelyeket a szervezet be tud vonni ellenőrzési körébe, és amelyekre nézve elvárható, hogy a szervezet ezeket befolyásolni tudja; majd a szervezet ennek az eljárásnak segítségével állapítsa meg, hogy mely tényezőknek van, vagy lehet jelentős befolyásuk a környezetre. A szervezet biztosítsa, hogy a környezeti célok kitűzésekor figyelembe vegyék a jelentős befolyásokkal kapcsolatos tényezőket. << [3].*

Ezt a pontot az ARIS folyamatmenedzsment eszköz bevezetése és használata támogatja. Az ARIS koncepció az előzőkben megadott irányelvekkel egyezően lett kialakítva. A környezeti átvilágításkor rögzített modellek elemzésével lehet azonosítani a környezet terhelésének mértékét, majd javaslatot tenni ezek csökkentésére.

##### **Környezetállapot felmérés**

*>>Ha egy szervezetnek még nincs környezetközpontú irányítási rendszere, célszerű kiindulásként egy átvizsgálás segítségével megállapítani jelenlegi helyzetét a környezettel kapcsolatban, ennek célja az lehet, hogy számba vegye a szervezetet érintő környezeti tényezőket, mert ez szolgálhat majd alapul a környezetközpontú irányítási rendszer létrehozásához. << [3].*

A jelenlegi helyzet megállapítását a vállalat átvizsgálása során készített ARIS modellek kiértékelésével végezzük el.

##### **Jogi és egyéb követelmények (a szabvány 4.3.2 pontja)**

*>>A szervezet hozzon létre és tartson fenn olyan eljárást, amelynek segítségével felderíthetők és megismerhetők a jogi és a szervezet által vállalt olyan egyéb követelmények, amelyek a szervezet tevékenységének, termékeinek és szolgáltatásainak környezeti tényezőire vonatkoznak.<< [3].*

Tudás struktúra diagramban a rögzítjük a jogszabályokat. Az egyes jogszabályok szerepét megjelöljük a folyamat modellekben.

##### **Célok és előirányzatok (a szabvány 4.3.3 pontja)**

*>>A szervezet hozzon létre és tartson fenn dokumentált környezeti célokat és előirányzatokat a szervezet minden egyes érintett funkciója és szintje számára. A szervezet a célok kitűzésekor és felülvizsgálatakor vegye figyelembe a jogi és az egyéb követelményeket, a szervezet jelentős környezeti szempontjait, a lehetséges műszaki változatokat, a pénzügyi, a működési és az üzleti*

*követelményeket, továbbá az érdekelt felek véleményét. A célok és az előirányzatok legyenek összhangban a környezeti politikával, beleértve a környezetszennyezés megelőzése iránti elkötelezettséget.<<[3].*

Az irányítási nézetben összekapcsoljuk a már létrehozott modellekben szereplő objektumokat, célokat és a célok elérésében szerepet játszó tevékenységeket, szerepköröket, felelősöket. A folyamat kiválasztási mátrix segítségével kimutatható, hogy az egyes környezeti elemekre melyik funkció, milyen mértékű hatást gyakorol.

##### **Környezetközpontú irányítási program(ok) (a szabvány 4.3.4 pontja)**

*>>A szervezet hozzon létre és tartson fenn programo(ka)t, céljainak és előirányzatainak eléréséhez. Ez tartalmazza a célok és az előirányzatok eléréséhez a felelőségek meghatározását a szervezet minden egyes érintett funkciója és szintje számára; azokat az eszközöket és időbeli kereteket, amelyek útján ezek elérhetők.*

A kitűzött célok és a célok elérését támogató tevékenységek modellezésére használható a céldiagram. A tevékenységeket részletező modellekben megadhatók a felelősök illetve, hogy az egyes szervezeti egységek az adott tevékenységben milyen szerepet töltenek be.

*Ha egy projekt új fejlesztésekkel és új, vagy módosított tevékenységekkel, termékekkel, vagy szolgáltatásokkal kapcsolatos, akkor – ha szükséges – a programo(ka)t módosítani kell annak érdekében, hogy a környezetközpontú irányítás az illető projektre is vonatkozzon.<< [3].*

A meglévő modellek objektumai tulajdonságaikkal, hivatkozásaikkal rögzítésre kerülnek. Így, egy új modellben felhasználhatók, változtatáskor pedig elég egy helyen átvezetni a módosítást, ami a javítás után a többi hivatkozási másolatban is átvezetésre kerül.

##### **Szervezeti felépítés és felelősség (a szabvány 4.4.1 pontja)**

*>>Meg kell határozni és dokumentálni kell a szerepeket, felelősségi és hatásköröket, és ezeket ismertetni kell az érintettekkel, hogy ez segítse a hatékony környezetközpontú irányítást.*

Szervezeti diagram létrehozásával, közzétételével az egyes szerepkörökhöz a megfelelő dokumentumok csatolásával (munkaköri szabályzatok, feladatok, hatáskörök leírására szolgáló dokumentumok), valamint az egyes tevékenységekben a szervezeti felépítés objektumaira való hivatkozással a szerepek és felelőségek dokumentálása megtörténik.

*A vezetőség gondoskodik azokról az erőforrásokról, amelyek a környezetközpontú irányítási rendszer bevezetéséhez és szabályozásához szükségesek. Az erőforrásokba beletartoznak az emberi erőforrások, a szakmai jártasság, a műszaki és pénzügyi erőforrások. A szervezet felső vezetősége jelöljön ki egy vagy több olyan vezetőségi megbízottat, akiknek minden más felelősségi körétől függetlenül legyen meghatározott szerepe, fele-*

lőssége és hatásköre arra, hogy biztosítva legyen a környezetközpontú irányítási rendszer követelményeinek meghatározása, bevezetése és fenntartása e szabvány-nak megfelelően.

A modellekből kiolvasható információk támogatják a döntések meghozatalát (szervezeti diagram, tudástérkép alkalmazási rendszer diagram).

Készüljenek jelentések a környezetközpontú irányítási rendszer eredményeiről a felső vezetés számára átvizsgálás céljából, és hogy ez alapul szolgáljon a környezetközpontú irányítási rendszer tökéletesítéséhez.<< [3].

Megfelelő jelentések kialakítása, publikálása. A rendszerben vannak beépített jelentések, de a kívánságnak megfelelően a rögzített adatok különböző szempontok szerint is megjelölhetőek.

#### A környezetközpontú irányítási rendszer dokumentációja (a szabvány 4.4.4 pontja)

>>A szervezet alakítson ki és őrizze meg - papíron vagy elektronikus formában – információit az irányítási rendszer magvát képező és ezek kölcsönhatásainak leírása érdekében; a kapcsolódó dokumentáció meghatározása érdekében.<< [3].

Az elkészített modellek is a dokumentáció részét képezik, hiszen velük a vállalt működését írjuk le, dokumentáljuk. A Web Publisher segítségével, az egész projekt, vagy annak egy része HTML formátumban közzétehető az intraneten, vagy interneten, több nézőpontból vizsgálva a dokumentált területet. Web Publisher alkalmazásával egy nem papír alapú dokumentációt készítenk, ezzel is segítve a fenntarthatóságot. A változások átvezetése, közzététele, eljuttatása az érdekelt felek számára egyszerű és költséghatékony.

### TOVÁBBI LEHETŐSÉGEK

A folyamatok dokumentálása, környezeti terhelés szempontjából való átvilágítása az első lépés a környezetközpontú integrált információs rendszer kialakításához. A rendszer folyamatos működtetése, valamint az ehhez szükséges informatikai támogatás kialakítása a további feladat.

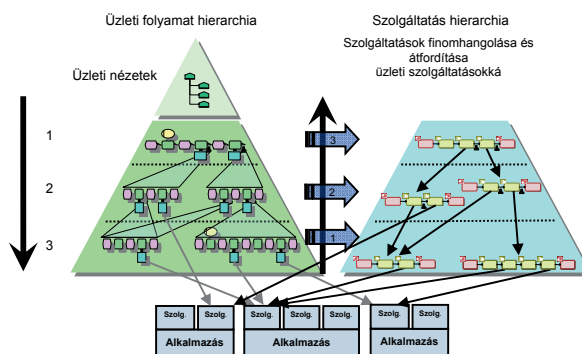
A folyamatok elemezéskor látjuk, hogy az egyes folyamatlépésekben jelenleg milyen az informatika támogató szerepe. Melyek működnek megfelelően, melyek esetében lenne szükség a hatékonyabb működéshez helyettesítésére, illetve melyek azok, amelyeknek az IT támogatása a jelenlegi állapotban még nem megoldott.

További elemzésekkel megállapítható, hogy milyen szintű az informatikai rendszerek integrálása a vállalat belüli -, illetve a vállalat határain túlnyúló folyamatokban. Példaként említve a veszélyes anyagok kezelését, ahol az anyagok vásárlásakor, a termékek gyártásához való felhasználásakor, majd a termékek értékesítésekor keletkező információk egységes kezelése

szükséges, ezzel biztosítva a nyomkövetést és a kötelező adatszolgáltatást.

Az adatokat a keletkezésük helyén kell gyűjteni, valamint a felhasználásuk pillanatában valóságúen kell rendelkezésre állniuk. Ehhez meg kell vizsgálni, hogy a vállalatnál már működő információs rendszerekkel hogyan integrálhatóak a környezeti feladatokat támogató informatika megoldások: adatgyűjtő rendszerek, kötelező jelentést készítő rendszerek. Mivel ezek egymástól függetlenül működnek, külön adatbázist használnak, az összekapcsolásukhoz integrálási megoldást kell választani. A szolgáltatás-orientált architektúra (SOA) kialakítása a vállalatnál hatékony, gyors és költségtakarékos módszer a vállalat belüli és a vállalat határain túlmúló folyamatok informatikai támogatására.

A SOA alapú fejlesztés kiindulópontja az előbbieken bemutatott egységes vállalati architektúra működését támogató folyamatmenedzsment. A módszer alkalmazásának első lépése a működési folyamatok modellezése, az IT támogató szerepének azonosítása. A KIR kialakításakor ez már megtörtént az ARIS Toolset-ben. Az ott elkészített modellek könnyen áttehetőek az ARIS SOA Architect-be, ahol az üzleti folyamatok önálló, platform-független szolgáltatásokká alakíthatók.



4. ábra Szolgáltatás hierarchia (forrás: IDS Scheer konferencia 2007 alapján)

Az üzleti folyamatban található tevékenységek és a hozzájuk tartozó szolgáltatások összekapcsolásával már technikai folyamatstruktúrát hozunk létre. A következő lépés a kibővített üzleti folyamatstruktúrának a platform-független BPEL- folyamatokká történő átalakítása, melyekben nemcsak a folyamatok lefutása, hanem a megjelenő szolgáltatási- és adatinformációk is átvitelre kerülnek. A szolgáltatások gyorsabb modellezéséhez a SOA Architect grafikus BPEL modellezési felületet biztosít.

Ezt követően a BPEL- folyamatot XML (Extensible Markup Language,) és WSDL (Web Services Description Language) állományokká kell alakítani. Az így elkészített önálló web szolgáltatásokból tudjuk felépíteni a folyamataink IT támogatását, valamint létrehozhatunk egy SOA elemtárat, ahol szolgáltatásokat, mint építőköveket tároljuk, felkínálva, különböző informatikai rendszerekben való felhasználásához. A SOA



projekt működtetését az ARIS Process Performance Manager (PPM) biztosítja, felügyelete alatt valós időben tudjuk mérni a folyamatok hatékonyságát, a folyamatokat működtető rendszerekből származó adatok alapján. Így lehetővé válik a SOA projekt sikerességének mérése, értékelése, valamint az IT architektúra gyenge pontjainak feltárása is.

Ezzel a módszerrel az üzleti folyamatok logikája közvetlenül programozhatóvá válik.

## ÖSSZEGZÉS

Egy környezetvédelmi auditálásra való felkészülés alkalmával a vállalat összes működő folyamatát át kell vizsgálni, hogy a szabvány előírásainak megfelelő működés ellenőrizhető legyen. A nem megfelelő működés a folyamatok a módosítását, átszervezését vonja maga után. Ez egy olyan állapot a vállalat számára, amikor az üzleti folyamatok IT támogatása is átvizsgálásra kerül. Ez lehet egy SOA alapú alkalmazásintegráció kialakításának a kezdete, mivel a szolgáltatás-orientált architektúra az egész vállalatot egy egységként kezelő szemléletmódot követel meg, ahol az alkalmazásokon átívelő folyamatokban való gondolkodása a főszerep.

A SOA szemlélettel a vállalatnál már meglévő alkalmazások szolgáltatásokká alakíthatók, melyekből rugalmasan összekapcsolt üzleti folyamatok hozhatók létre, bővítve a környezetvédelemhez kapcsolódó szolgáltatásokkal, integrált módon kezelve a különböző rendszerekben tárolt információkat, megszüntetve az elszigetelt adattárakat.

Változtatások esetén csak az egyes folyamatokban történő változásokat kell az IT-nek követni, felhasználva a már kész szolgáltatásokat, bővítve új szolgáltatásokkal, vagy a szolgáltatások cseréjével, mely sokkal kevesebb időt és költséget igényel.

## SUMMARY

When preparing for an environment-aware audit for instance all the running processes of the company ought to be investigated, in case of incorrect functioning the modification and the reorganization of the processes are needed. This is such the point for the company where the IT aided business processes also could be investigated. This could be a start of the development of a SOA based application-integration because the service-oriented architecture treats the company as a unit, in which the logic of the processes takes the main roll over the applications.

With the aid of the SOA approach, the present applications can be transformed into services, which are useful to create elastic coupled business processes, by extending environment-aware related services, by handling the information in an integrated way stored in different

systems, by abolishing the isolated storages. In case of changes, the changes in the particular process should be followed by the IT, by using the already set services including the new ones or by the replacement of the old ones, which takes more time and more expenses.

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1] ANG CHEN, DIDIER BUCHS: Towards Service-Based Business Process Modeling, Prototyping and Integration N. Guelfi and A. Savidis (eds.): RISE 2005, LNCS 3943, (2006) pp. 218–233.
- [2] BODA ZS.: Globális ökolitika Helikon kiadó, Budapest 2004
- [3] BULLA MIKLÓS: Környezetközpontú Irányítási Rendszerek áttekintő KÉZIKÖNYV –Győr (2004)
- [4] IDS Scheer Hungaria ARIS Solution for Enterprise Architecture Management. <http://www.ids-scheer.com>.
- [5] Környezettudatos Vállalatirányítási Egyesület <http://www.kovet.hu>
- [6] KÓSI KÁLMÁN, VALKÓ LÁSZLÓ (szerk.) Környezet-menedzsment TYPOTEX Budapest (2008) 307p
- [7] KOVÁCS A.: SOA kontroll alatt: irányítás és szolgáltatás menedzsment multi projekt környezetben. SOA földközélen konferencia 2007. május 17 Budapest [http://video.idg.hu/cw/webcast/2007/05/soa/070517\\_kovacs\\_andras\\_655x491.swf](http://video.idg.hu/cw/webcast/2007/05/soa/070517_kovacs_andras_655x491.swf)
- [8] SCHEER, A-W.; KRUPPKE, H.; JOST, W.; KINDERMANN, H.; (eds.): Agility by ARIS Business Process Management Springer-Verlag, Berlin Heidelberg (2006) 320p
- [9] SCHEER, A-W.; NÜTTGENS, M.; ARIS Architecture and Reference Models for Business Process Management Geschäftsprozeßmanagement, in: Wirtschaftsinformatik, 37/1995/5. (1995) 426-434.
- [10] TÓTH G.: A valóban felelős vállalat. Környezettudatos Vállalatirányítási egyesület Budapest (2007) 108 p.
- [11] China Series F: Information Sciences Vol.49 No.6 (2006) pp.821–842
- [12] WEI-TEK TSAI, XIAO WEI, RAY PAUL, JEN-YAO CHUNG, QIAN HUANG YINONG CHEN: Service-oriented system engineering (SOSE) and its applications to embedded system development. Springer – Verlag London SOCA (2007) 1:3-17p.

# BELSŐ BORDA MÉRÉSE KOORDINÁTA MÉRŐGÉPPSEL

## MEASUREMENT OF INTERNAL INVOLUTE SPLINES WITH COORDINATE MEASURING MACHINE

*Dr. Solecki Levente\*, Dr. Réti Tamás\*\**

### ABSTRACT

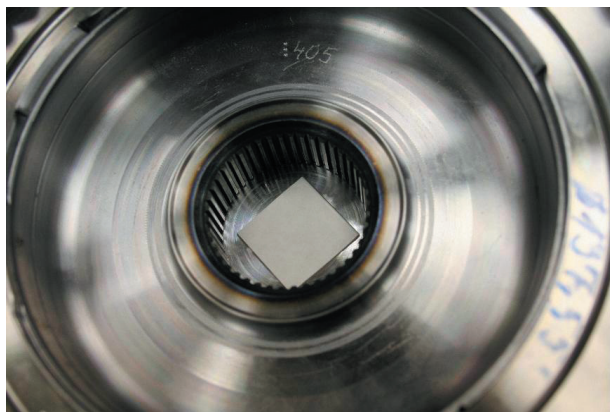
*Involute splines are profiles with complex geometry that is difficult to measure especially at small sizes and internally-splined shafts.*

*Internal surfaces that are difficult to access can be measured using silicon prints. The coordinates of the elastic silicone profile points can be measured with optical measurement methods. When sufficient number of measurements at the appropriate positions are captured, the geometry and the position of the splined shaft can be determined. This article presents the method of measurement and evaluation, and also presents the measurement results of measuring an internally splined shaft of module 1 and tooth number of 44.*

### 1. BEVEZETÉS

Bordák bonyolult geometriájú felületek, melyek különösen kis méreteknél és belső felületeken nehezen mérhetők.

Olyan belső bordázatról kellett minél több információt nyerni, ami sem tapintós, sem optikai méréssel közvetlenül nem volt hozzáférhető. Annyit lehetett megállapítani, hogy a bordák száma 44, hozzávetőlegesen 45 mm-es átmérőn.



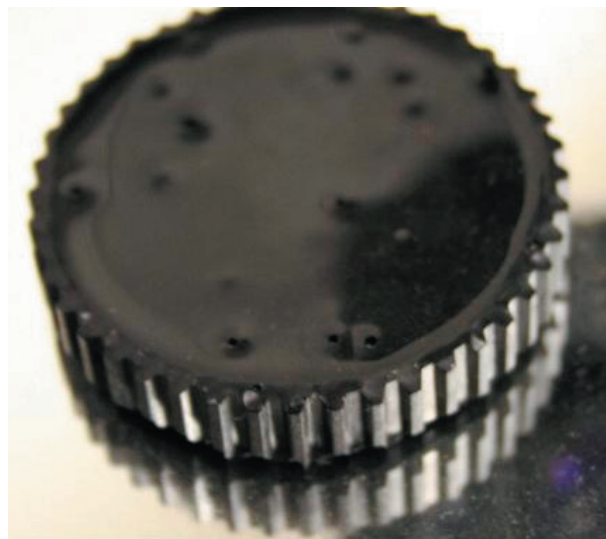
*1. ábra: Belső bordázott furatú munkadarab, a bordafuratot alulról hengeres csap zárja le, aminek homlokfelületén a későbbi szilikonlenyomat négyzet alapú műanyag hátlapja fekszik.*

\* doktorandusz, főiskolai docens, Széchenyi István Egyetem, Anyagismereti és Járműgyártási Tanszék

\*\* témavezető: egyetemi tanár, Széchenyi István Egyetem Anyagismereti és Járműgyártási Tanszék

A bordafelületről szilikon lenyomatot készítettünk, hogy így tegyük mérhetővé. A lenyomatanyag Struers RepliSet F5. A lenyomat készítéséhez a bordázott furatot úgy zártuk alulról le, hogy a borda homlokfelületén záródugóra fektettük fel. Lenyomatvételkor így a borda tengelye függőleges helyzetben volt. (1. ábra)

Az elkészült szilikonlenyomat rugalmasan alak tartó, mérése optikai érzékeléssel lehetséges. (2. ábra)



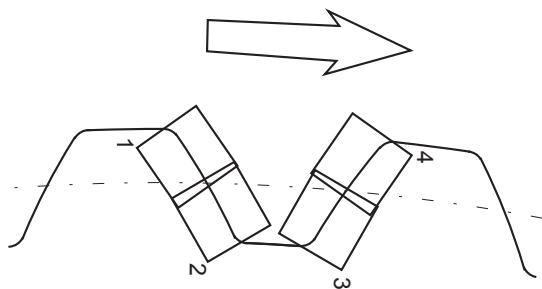
*2. ábra: Belső bordázatról készült szilikonlenyomat a mérőgépen üveglapra fektetve*

### 2. MÉRÉS

A mérésre MAHR PMC800 típusú többféle (optikai, lézeres és érintéses) érzékelést lehetővé tevő koordináta mérőgépet használtunk.

A borda tengelyének hozzávetőleges meghatározásához a fejkörön felvettünk ~ 45 °-onként 8 pontot és meghatároztuk az ezt a 8 pontot legjobban közelítő kör középpontját.

Ahhoz, hogy a bordázott profilt a mérőgép valamilyen sűrűségű osztásban végigkövesse azt a megoldást választottuk, hogy kiválasztottunk egy kezdő bordát és egy körbejárási irányt. Mivel a mérőgép adott optikai nagyítással mellett egy bordaoldal csak két felvételbe fért bele, ezért kimértük az első borda két oldalának azt a négy célszerűen kiválasztott pontját, amivel mindkét bordaoldal teljesen felvehető volt. (3. ábra)



3. ábra: Borda két oldalán felvett 4 ponthoz tartozó látómező elhelyezkedése, a nyíl a körbejárási irányt mutatja

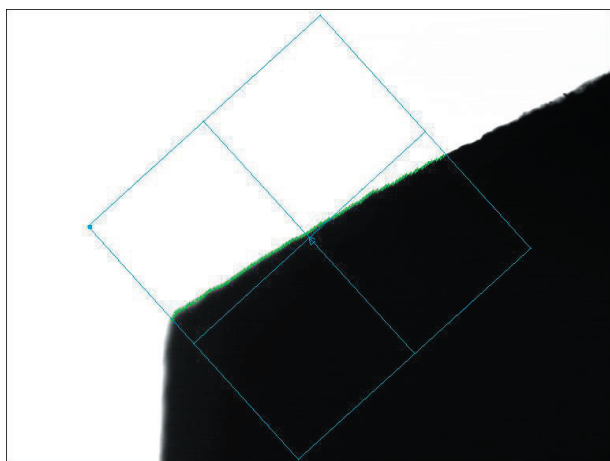
A borda fej- és árokkörén nem vettünk fel pontokat. A mérőprogram 44 ciklusban a közelítő középpont körül bordánként 360/44 fokkal elforgatva sorra ezt a négy pontot járta végig.

Az egyes pontokban az optikai érzékelésre többféle lehetőség állt rendelkezésre:

Manuális pontfelvétel, szubjektív érzékeléssel

Minden látómezőben lehetőség lenne adott számú (5-10-20) kontúrpontra kézi felvételére. A mérőgép száleresztjét a kamera 200-szoros nagyítású képén egy kiválasztott kontúrpontra lehet mozgatni, a pontfelvételt az egérgombbal kattintva lehet végrehajtani. Ennek a módszernek az előnye, hogy szükség szerint bármikor élesre lehet állítani a képet és a képen azonosítható, nem a profilhoz tartozó alakokat – pl. szennyeződés – ki lehet kerülni. Hátránya, a szubjektivitás és a viszonylag nagy munkaráfordítás.

Az automatikus pontfelvételnél a kiértékelő rendszer a kamera képén definiált mérőablak területét valamilyen meghatározott irányban végigtapogatja és legfeljebb pixeles felbontásban sötét/világos átmenetet keres. A letapogatás irányát úgy állítottuk be, hogy minden felvételnél közel a profilra merőleges legyen a letapogatás. A pontfelvétel sűrűségét 20 pixelre állítottuk, ezzel a felvett pontok távolsága valamivel kisebb, mint 0,01 mm lett. (4. ábra)



4. ábra: A bordafejénél készített egyik felvétel, benne a négyzet alakú mérőablak és zölddel jelezve az érzékelt kontúrpontra.

Az automatikus mérésnél még meg kellett oldani a kép élesre állítását. Mivel az automatikus élesre állítás viszonylag hosszú időt vesz igénybe, ezért nem minden felvételnél, hanem csak minden bordánál, az egyik bordaoldal közepén állít a mérőgép élesre, majd ennek a bordának a 4 felvételét ezzel a beállítással készíti el. A felvételek megvilágítása állandó.

Az elkészült mérőprogrammal ugyanilyen bordafelületet úgy lehet újramérni, hogy csak a közelítő középpontot és a kezdőborda 4 felvételi pontját és az élesreállítási pontot kell újra meghatározni és a programba bevinni, tetszőleges más bordáknál ezeken felül újra kell az első borda mérési pontjainak számát és elhelyezkedését is meghatározni és esetleg a megvilágítási értékek is változhatnak.

A kontúrponatok koordinátáit a mérőgép egy szövegfájlba menti, az x, y, z koordináták három oszlopba egymás alá kerülnek, az egyes felvételeket egysoros állandó szöveg választja el egymástól. A mérőgép kiértékelési lehetőségei legfeljebb a külső és a belső közelítő körök és a bordaoldalak közelítő egyenesének meghatározását teszik lehetővé.

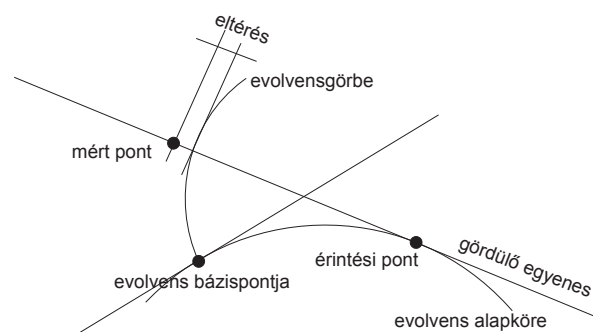
A mért pontok feldolgozását személyi számítógépen a széles körben ismert és rendelkezésre álló EXCEL programmal végeztük el.

A mérőgépen exportált szövegfájl az EXCEL képes megnyitni és a koordinátaértékeket számonként értelmezni.

### 3. KIÉRTÉKELÉS

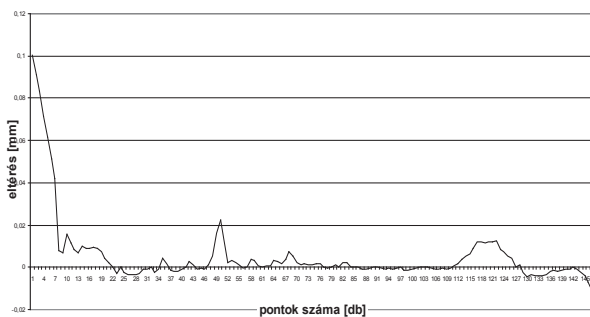
A bordák kiértékelése bordaoldalanként történik. Ehhez ki kell választani az adott bordaoldal két felvételét. A felvételek úgy készültek, hogy mindig 10-20 pontnyi átfedés van közepén köztük, az egyik felvétel ezekkel a pontokkal végződik a következő pedig ezekkel kezdődik. Egy bordaoldalt a két hozzátartozó felvétel pontjaiból úgy állítottuk össze, hogy a közepén ismétlődő pontokat az első felvételtől kitöröltük és úgy értelmeztük, hogy ezeket a pontokat a második felvétel határozza meg.

A bordaoldalon felvett pontokhoz meghatároztuk az eltéréseit legjobban közelítő evolvens profilhoz képest. Evolvensprofil írt le egy alapkörön csúsztatva gördülő egyenes állandó pontja. (5. ábra)



5. ábra: Evolvens származtatása az alapkörön csúsztatva gördülő egyenessel

Az evolvenstől a mért pont eltérését úgy értelmezzük, hogy az alapkörön az evolvens bázispontjának és az aktuális érintési pontnak az ívhossza egyenlő a gördülő egyenesen az érintési pontnak és az evolvensgörbe aktuális pontjának a távolságával. Tehát meg kell határozni az aktuális mérési pontból az alapkörhöz húzható érintő érintési pontját. Az adott pont eltérése az evolvenstől, hogy a mérési pont és az érintési pont távolsága mennyit tér el az evolvens bázispontjának és az aktuális érintési pontnak az alaphosszon mérhető ívhosszától. Ez matematikailag problémamentesen megoldható, a következő paramétereket kell egy bordaoldalnál megadni, ha azt feltételezzük, hogy az alapkör helyzete adott: alapkörátmérő és az evolvens szöghelyzete az alapkör pozíciójához képest. (Hol helyezkedik el, milyen szögben áll az alapkör középpontjához viszonyítva az evolvens bázispontja, ahol az evolvens az alapkörét metszi?) Ez a szöghelyzet a következő bordaoldalnál elvileg egy szögosztással lesz több, vagy kevesebb. A legjobban közelítő evolvens alapkörátmérőjét úgy állítjuk be, hogy a profilpontok eltéréseinek az evolvenshez képest (elsősorban a középső sávban) ne legyen csökkenő vagy növekvő trendje, tehát az eltérés stabil legyen. (6. ábra)

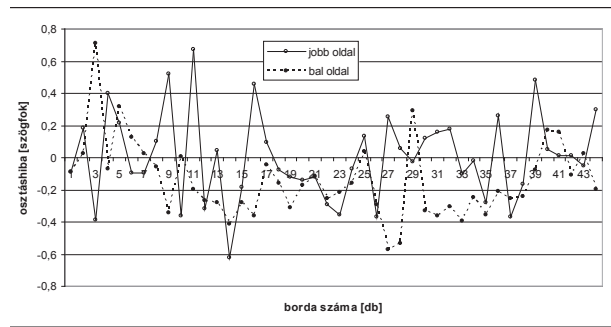


6. ábra: Egy bordaoldalnak a közelítő evolvenstől mérhető eltérései 150 pontban

A pontok sorszámozása a bordafejen kezdődik (1) és a bordaárokban végződik (150). Az alapkör átmérőjének meghatározására így kidolgozott matematikai módszer a mechanikus, változtatható alapkörű evolvensvizsgáló berendezések működését modellezi számítással. Az evolvens szöghelyzetét pedig a közepes eltérés nullára állításával lehet meghatározni.

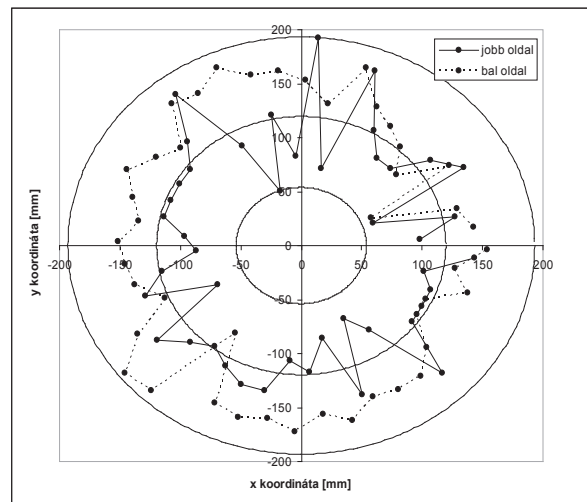
Ez a kiértékelés munkaigényes, mert minden bordának mindkét oldalát külön, egyenként kell ily módon kiértékelni. A kiértékelés eredményeként megkapjuk mind-egyik bordaoldalnak a közelítő evolvens alapkör sugarát és a bázispont szöghelyzetét.

A bázispontok szöghelyzetértékeiből meghatározható a bordaoldalak osztáshibája. Az egyes bordaoldalak osztáshibáját úgy kapjuk meg, hogy az első bordához képesti osztáshibáknak meghatározzuk a középértékét, majd ezt az átlagos eltérést mindegyik – az első bordához képesti – eltérésből kivonjuk. Ezzel érjük el, hogy ezeknek az osztáshibáknak az átlaga nulla legyen. (7. ábra)



7. ábra: A bordaoldalak osztáshibái

A bordaoldalakat közelítő evolvensok alapköreinek átmérőit felezve a feltételezett középponttól mérhető alapkör sugarakat kapjuk. Ezek együtt az evolvensok bázispontjainak szöghelyzeteivel a feltételezett középponttól az alapkör 2x44 pontjának a polárkoordinátáit adják. Ezek a polárkoordináták átszámíthatók derékszögű koordinátákba és így meghatározható az alapkör 88 pontját legjobban közelítő alapkör középpontjának helyzete, átmérője és köralakhibája. (8. ábra)



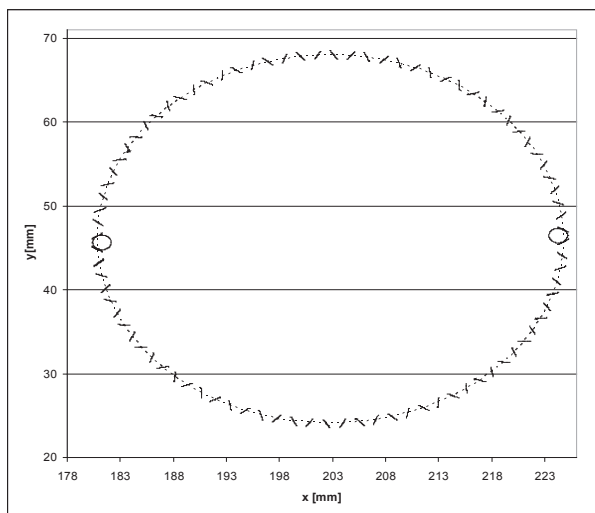
8. ábra: A bordák alapköreinek alakhibája  
A középső kör a legjobban közelítő alapkör és hozzá képes radiális irányban 200x-os nagyításban a jobb bordaoldalából (folytonos vonallal összekötve) és a bal bordaoldalából (szaggatott vonallal összekötve) meghatározható alapkörpontok.

A 88 alapkörpont a legjobban közelítő kör  $\pm 0,35$  mm-es sávjában helyezkedik el. Mivel a  $\sim 38$  mm átmérőjű alapkörre a  $\sim 1$  mm hosszú bordaívvekből következtetünk, ezért az egyes pontok mérési bizonytalansága az alapkörre is viszonylag nagy bizonytalanságot eredményez. A jobb, és a bal bordaoldalakra külön-külön alapköröket is számítani lehet, ha ez indokolt.

A koordinátaméréssel nyert információk lehetővé teszik a DIN 5480-15:2006-03 szabvány szerinti csapméret meghatározását is. A méréshez javasolt 1,75 mm átmérőjű csapnak megfelelő kört matematikai úton lehet a

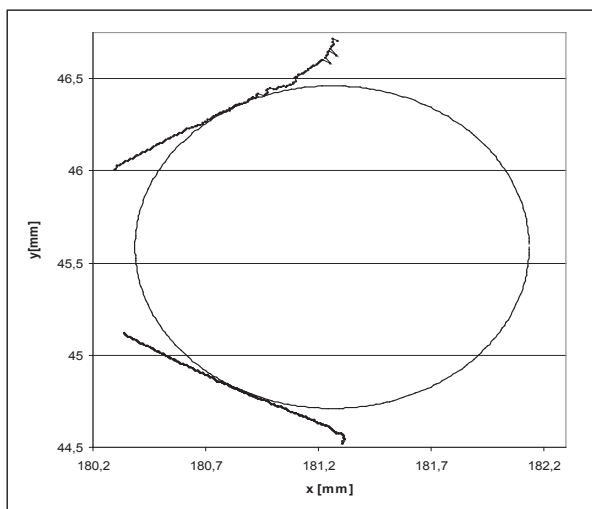


szemközti bordáárkokba – de mivel itt lenyomatról van szó – ezért éppen bordára illeszteni.



9. ábra: A bordán mért pontok, az evolvens  $\varnothing 44$  mm-es gördülőköre, bal oldali  $\varnothing 1,75$  mm-es kör az első, a jobb oldali az átellenes bordára illesztve

A beillesztett körök középpontjaiból a csapok közti méret adódik. A 9. ábra egy ilyen helyzetben mutatja az átellenes oldalakon levő mérőcsapokat, a 10. ábra nagyítva mutatja a bal oldali csap illesztését.



10. ábra: A bal oldali  $\varnothing 1,75$  mm-es kör illesztése az első bordára (nagyítva)

Ez a csapméret 41,271 mm-re adódott. Ezzel a módszerrel – bár munkaigényes – de a bordázat mind a 44 csapmérete számítható.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A bemutatott mérési módszerrel meg lehetett határozni a belső bordafelület összes fontos jellemzőjét: modul, profil, profilhiba, osztáshiba, alapkör (átmérő és helyzet), csapméret. mind a mérés, mind a kiértékelés idő- és munkaigényes, de egyedi mérés esetén nincs más mérési lehetőség.

## IRODALOM

- [1.] GOCH, G.: 2002, Optische Messung von Zahnradern, VDI-Berichte 1673. p. 171-194.
- [2.] GOCH, G., GÜNTHER, A.: 2002, Future Gear metrology, Superficial Description and Inspection of Flanks, in: International Conference on Gears Vol. 2. VDI-Berichte 1661, p. 751-768.
- [3.] YILMAZ CAN, CENK MISIRLI: Analysis of spur gear forms with tapered tooth profile; Materials and Design 29 (2008) p. 829-838
- [4.] DIN 5480-2: Passverzahnungen mit Evolventenflanken und Bezugsdurchmesser – Teil 2: Nennmaße und Prüfmaße
- [5.] DIN 5480-15:2006-03: Passverzahnungen mit Evolventenflanken und Bezugsdurchmesser – Teil 15: Qualitätsprüfung

# A SÚRLÓDÁSI TÉNYEZŐ ÚJSZERŰ MEGHATÁROZÁSA ÉS FELHASZNÁLÁSA A PRO/ENGINEER ÉS MATHCAD SZOFTVEREK SEGÍTSÉGÉVEL

## AN ORIGINAL DETERMINATION AND APPLICATION OF FRICTION COEFFICIENT BY USING PRO/ENGINEER AND MATHCAD SOFTWARES

Tancsics Ferenc\*, Dr. Halbritter Ernő\*\*

### ABSTRACT

*The Axle Ltd. of RABA carried out remarkable modernization in the field of drop-forging last year. At multiple forging the moving of some pieces has been realized by robot technique.*

*This technique has made great demands on engineering development to be more precise. In most of the cases the Finite Element Method (FEM) is a useable solution to achieve this aim. According to the FEM it has become clear that more attention is needed to the upsetting between parallel flat surfaces than before.*

*During the upsetting the forging piece turns into barrel shape. The grain flow that is obtained by this way has an effect on the grain flow structure of the finished forged pieces as well. Turning into barrel shape during upsetting has close connection with the value of friction coefficient. Using the robot technique requires an extended knowledge of barrelling and the FEM demands to know the friction coefficient as well.*

*In our task we have finished a new method of strain modelling by an analytical way that can determine the friction coefficient fairly precise, or the shape of the barrel can be obtained by a theoretic friction coefficient as well.*

*The needed calculuses and representation of the forging pieces in 3D we have accomplished by connecting MathCAD and Pro/Engineer softwares.*

### 1. BEVEZETÉS

Süllyesztékes kovácsoláskor a termelékenység fokozása és a munkadarab megbízható pozicionálása automatikus anyagmanipulációs rendszerekkel, robotokkal biztosítható.

\*doktorandusz, Széchenyi István Egyetem, Anyagismereti és Járműgyártási Tanszék, RÁBA Futómű Kft., Gyártásfejlesztés

\*\*témavezető, egyetemi docens, Széchenyi István Egyetem, Anyagismereti és Járműgyártási Tanszék

A gyártási képesség magasabb szintre emelése megkívánja, hogy a deformált munkadarabok geometriája közel állandó legyen.

A kovácsolási műveletek többsége revétlenítő zömítéssel (pl. tengelycsonk), vagy nagy alakváltozást igénylő zömítéssel (pl. tányérkerék) kezdődik. A párhuzamos nyomólapok között végzett zömítésnél a munkadarab hordósodik.

A hordósodás szoros összefüggésben van a súrlódási tényező értékével.

A cikk a súrlódási tényező egy egyszerűsített meghatározási módját mutatja be a zömített tömör hengeres test deformációja alapján, egy kinematikailag megengedett sebességmező felhasználásával, majd utal a módszer felhasználási lehetőségére.

### 2. ELŐZMÉNYEK

A zömített munkadarab alakjából következtetni lehet a súrlódási tényező értékére. A következtetési módszer két ismert, klasszikus képviselője [1]:

- a súrlódási tényező számítása a zömítés során mérhető alakítási szilárdság és az alakítási ellenállás összehasonlításával,
- súrlódási mérőszámok meghatározása zömített gyűrűk deformációjából.

A tömör hengeres testek párhuzamos nyomólapokkal végzett zömítésénél az alakítási ellenállás – a zömítés fajlagos erőszükségletének ( $\bar{p}$ ) – számítását Siebel dolgozta ki [2].

Egyszerűsítő képlekenységtani hipotézisek alkalmazásával az átlagfeszültség módszerével először a  $p(r)$  felületi nyomást határozta meg. A  $p(r)$  nyomás értéke az alakítási szilárdság ( $k_f$ ), a súrlódási tényező ( $\mu$ ) és a geometriai adatok ( $h$ ,  $R$ ,  $r$ ) ismeretében a következő összefüggéssel számítható:

$$p(r) = k_f e^{\frac{2\mu}{h}(R-r)} \quad (1)$$

A zömítés erőszükséglete:

$$F = \int_A p(r) dA = \int_0^R k_f e^{\frac{2\mu}{h}(R-r)} 2r\pi dr \quad (2)$$

Az erőszükséglet jó közelítéssel:

$$F = R^2 \pi k_f \left(1 + \frac{2\mu}{3h} R\right) \quad (3)$$

A zömítés fajlagos erőszükséglete:

$$\bar{p} = \frac{F}{A} = k_f \left(1 + \frac{2\mu}{3h} R\right) \quad (4)$$

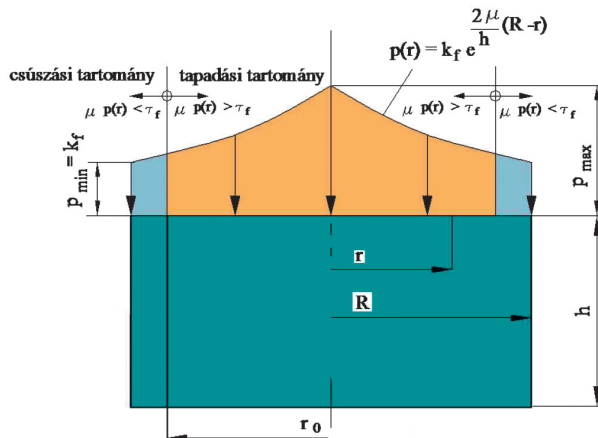
A súrlódási tényezőre vonatkozó összefüggés [3,5,6]:

$$\mu \equiv \frac{m}{\sqrt{3}} \equiv \left(\frac{\bar{p}}{k_f} - 1\right) \frac{3h}{2R} \quad (5)$$

Ahol:

- $\mu$  Coulomb-féle súrlódási tényező
- $m$  Kudo-féle súrlódási együttható
- $\bar{p}$  fajlagos alakítóerő (N/mm<sup>2</sup>)
- $k_f$  alakítási szilárdság (N/mm<sup>2</sup>)
- $h$  munkadarab magassága (mm)
- $r$  munkadarab közbenső sugara (mm)
- $R$  munkadarab külső sugara (mm).

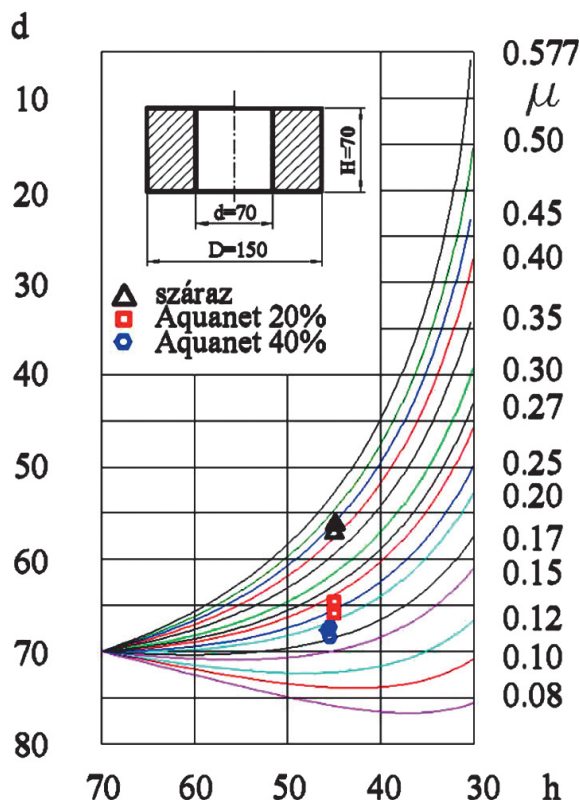
A ( $\mu$ ) Coulomb-féle súrlódási tényező értelmezési tartománya  $0 \leq \mu \leq 0,577$ , a Kudo-féle súrlódási tényező pedig  $0 \leq m \leq 1$ . A felületi nyomás változása az 1. ábrán látható.



1. ábra. A felületi nyomás változása párhuzamos nyomólapok között végzett zömítésnél.

Kovácsolásnál a zömítő erő mérése, az alakítási szilárdság megadása bonyolult feladat, így a súrlódási tényező meghatározásánál ezt a módszert elvetettük.

A Burgdorf-féle gyűrűzömítő vizsgálat [3] külön munkadarabokat, új geometria esetén új görbesereg felvételét igényli. Mindez költséges és nehézkes.

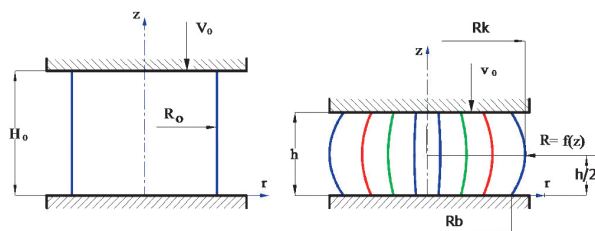


2. ábra. RÁBA kovácsüzemében gyűrűzömítő vizsgálatnál meghatározott súrlódási tényezők [9].

A 2. ábrán látható kiinduló geometriánál új görbesereget vettünk fel, a gyűrű zömítését 980 °C-on végeztük el különböző kenési viszonyok mellett. A gyűrűzömítés alkalmazását [4] korlátozza, hogy zömítés közben a súrlódási tényező nem változhat jelentősen. Melegalakításkor nagyobb súrlódási tényezővel kell számolni, ez előbb-utóbb a munkadarab 1. ábra szerinti részleges letapadásához vezet.

A közölt módszerek elmélete nem veszi figyelembe a munkadarab hordósodását, feltételezi a homogén alakváltozást.

Tömör hengeres test hordósodását szemlélteti a 3. ábra.



3. ábra. A munkadarab zömítés előtt és után [7]

Az irodalmi utalások [7, 11] szerint a hordósodó munkadarab  $R=f(z)$  profilgörbéje jól közelíthető egy másodfokú polinommal.

A (3) összefüggés levezethető a felsőhatár módszer szerint is. Ekkor az alakítási erőt többnyire egy kinematikailag lehetséges sebességmező alapján határozzák meg.

Forgástesteknél a sebességmezőt célszerű hengerkoordináta rendszerben megadni.

A homogén alakváltozást eredményező sebességmező leírása több szakirodalomban is megtalálható [7, 10]:

$$w_z(z) = -\frac{v_0}{h} z \quad (6)$$

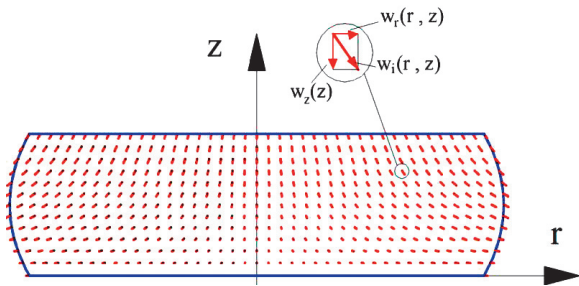
$$w_r(r) = \frac{1}{2} \frac{r v_0}{h} \quad (7)$$

A sebességkomponensek a (6, 7) összefüggéseknél lineárisan változnak.

Bebizonyosodott, ha a tengelyirányú sebességkomponenst  $w_z(z) = az^3 + bz^2 + cz + d$  harmadfokú polinommal fogalmazzák meg, akkor a kinematikailag lehetséges sebességmező hordósodó munkadarabot eredményez [7].

A hordósodó munkadarabnál az alkalmazott  $w_i(r, z)$  sebességvektor két komponense:

$$w_i(r, z) = [w_r(r, z); w_z(z)] \quad (8)$$



4. ábra. A hordósodást eredményező sebességmező képe [7].

A peremfeltételek figyelembevételével [7] a tengelyirányú sebességkomponens:

$$w_z(z) = \frac{z(-2z^2 kv_0 + 2z^2 v_0 + 3zkv_0 h - 3zv_0 h - kv_0 h^2)}{h^3} \quad (9)$$

A sebességmező  $w_r(r, z)$  sugárirányú komponense forrásmentes anyagáramlást feltételezve a

$$\text{div} w = \frac{\partial}{\partial z} w_z + \frac{w_r}{r} + \frac{\partial}{\partial r} w_r = 0 \quad (10)$$

differenciálegyenlet megoldásával határozható meg:

$$w_r(r, z) = -\frac{1}{2} \frac{r(-6z^2 kv_0 + 6z^2 v_0 + 6zkv_0 h - 6zv_0 h - kv_0 h^2)}{h^3} \quad (11)$$

Ahol:

$w_r(r, z)$  sugárirányú sebességkomponens ( $ms^{-1}$ ),

$w_z(z)$  Tengelyirányú sebességkomponens ( $ms^{-1}$ ),

$k$  egyelőre ismeretlen, dimenziótlan paraméter, a továbbiakban anyagáramlási tényező.

A feltételezett sebességmezőnél a ( $k$ ) dimenzió nélküli paraméter befolyásolja a hordósodás mértékét [7].

A ( $k$ ) pontos értéke az alakítás teljesítmény-szükségletének minimalizálásával határozható meg [7].

Ha a munkadarab és a nyomólapok érintkezési felületén

mindvégig a Kudo-féle súrlódás lép fel, akkor a zömítés teljesítményszükséglete két komponensből tevődik össze:

$$P(k) = P_{id}(k) + P_s(k) \quad (12)$$

Ahol:

$P_{id}$  a deformáció tiszta teljesítményszükséglete ( $Nms^{-1}$ ),

$P_s$  súrlódási teljesítmény ( $Nms^{-1}$ ).

A felsőhatár módszer szerint ( $k$ ) különböző értékeivel létrehozott sebességmezők közül az közelíti meg legjobban a valóságot, amelyiknél az alakítási teljesítmény minimalizálja a  $P(k)$  függvényt.

Ez alapján belátható, hogy a ( $k$ ) értéke összefügg a súrlódási tényező értékével, de a kapcsolat elemzése, felhasználása elmaradt a korábbi munkákban.

Egy ismert, állandó ( $k$ ) értékkel a kinematikailag megengedett sebességmező alapján az alakváltozás folyamata modellezhető. A modellezéshez a Széchenyi István Egyetem Anyagismereti és Járműgyártási Tanszékén AutoLisp programnyelven egy program készült [7].

A program indításakor meg kell adni ( $Rk_\rho$ ,  $Rb_\rho$ ,  $h_\rho$ ) kiinduló geometriai adatokat és tetszés szerinti sűrűséggel egy ponthálót. A program a kiinduló helyzethez képest a ( $h_\rho$ ) magasság értékét csökkenti  $v_\rho t = 0,1$  mm értékkel és a (9, 11) összefüggések felhasználásával kiszámítja a pontok új helyzetét. Ezután az új geometriát tekinti kiindulónak, és újabb magasságcsökkentéssel megismétli az előbbieket.

Mindezt addig ismétli, amíg a kívánt magasságot el nem éri. Ezzel a ciklussal meghatározható a próbatest geometriájának zömítés közbeni változása. A 4. ábrán a zömítés utáni deformált pontháló és a pontháló pontjából kiinduló sebességvektorok láthatók.

A Rába Futómű Kft. évek óta használja a Pro/Engineer csúcskategóriájú CAD szoftvert, és az elmúlt évben megvásárolta a MathCAD matematikai szoftvert is. Az említett szoftverek között kétoldali asszociatív kapcsolat biztosítható.

### 3. A SÚRLÓDÁSI TÉNYEZŐ ÚJSZERŰ MEGHATÁROZÁSA

Mint már ismeretes, a hordósodó munkadarab  $R=f(z)$  profilgörbéje jó közelítéssel leírható egy másodfokú polinommal. A közelítés pontosságát az elvégzett kísérleteknél ellenőriztük.

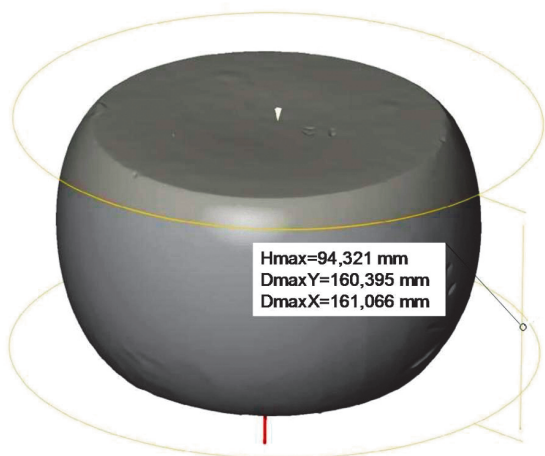


5. ábra. Üzemi körülmények között zömített kovácsdarabok.



A kísérletnél a tömör hengeres testek (továbbiakban munkadarabok) anyaga 20MnCrS5, kiinduló mérete  $R_0=50\text{ mm}$ ,  $H_0=211\text{ mm}$ , az alakítás hőmérséklete  $1100-1210\text{ }^\circ\text{C}$ , a kenőanyag Aquanet Ls (grafit 20%-os vizes szuszpenziója), a szerszámok felületi érdessége ( $Ra$ ) 6,3, a szerszámok felületi hőmérséklete (9)  $200-250\text{ }^\circ\text{C}$ , az alkalmazott gép 40 MN Maxima kovácsajtó volt.

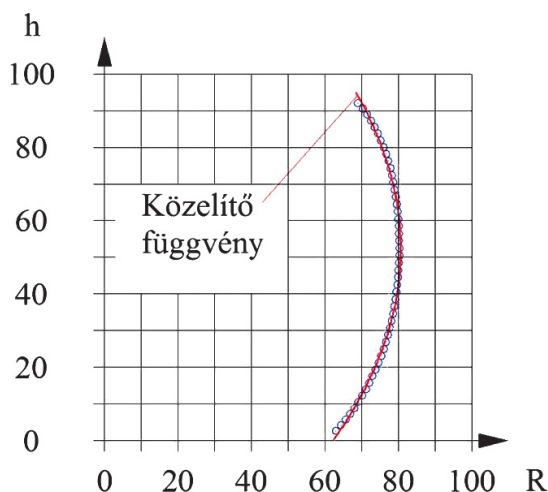
A munkadarabok profilgörbéjének ellenőrzéséhez először a zömített munkadarabok felületét leképeztük a Széchenyi István Egyetem tulajdonában lévő GOM optikai digitalizálóval.



6. ábra. Az egyik zömített munkadarab optikailag digitalizált képe.

A digitalizált felületet elmetszettük, a metszeti határoló görbe kijelölt részéhez tartozó pontok koordinátáit kimentettük, majd a pontokat másodfokú polinommal közelítettük [8].

A közelítő függvény adta értékek és a mérési adatok között az  $r=0,996$  korrelációs együttható szoros kapcsolatot mutatott.



7. ábra. A közelítő függvény és a mért értékek (pontok) grafikonja (zömített magasság  $h=95\text{ mm}$ )

A másodfokú polinom megfogalmazásánál feltételeztük, hogy a szerszám érintkezésénél ( $z=0$ , illetve  $z=h$  helyeken) az ( $R_b$ ) rádiuszok megegyeznek (lásd 3. ábrán), és a  $z=h/2$  helyen az ( $R_k$ ) rádiusz értéke maximális.

Ilyen peremfeltételek mellett az  $R(z)$  függvény:

$$R(z) = -\frac{4(Rk - Rb)}{h^2} z^2 + \frac{4(Rk - Rb)}{h} z + Rb \quad (13)$$

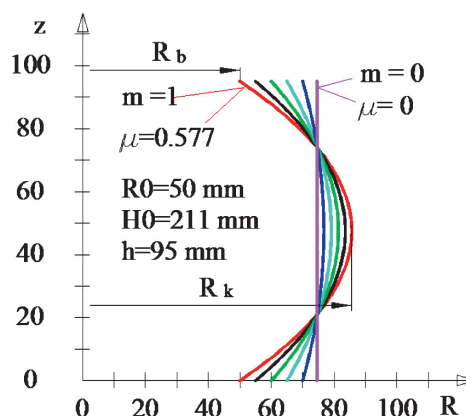
A térfogat-állandóság alapján:

$$R_0^2 \pi H_0 = \int_0^h R^2(z) \pi dz \quad (14)$$

A (13), (14) összefüggések felhasználásával az  $R(z)$  függvény a kívánt formában megadható:

$$R(z) = \frac{5z^2 R_b h - z^2 \sqrt{-5R_b^2 h^2 + 30hR_0^2 H_0} - 5zh^2 R_b}{h^3} + \frac{zh \sqrt{-5R_b^2 h^2 + 30hR_0^2 H_0} + R_b h^3}{h^3} \quad (15)$$

Ezzel ábrázolható az  $R(z)$  függvény a kiinduló ( $R_0$ ,  $H_0$ ) geometria ismeretében egy ( $h$ ) zömítési magasság és egy felvett ( $R_b$ ) rádiusz esetén.



8. ábra. A 95 mm-re zömített munkadarabok leegyszerűsített profilgörbéi azonos térfogat, és különböző ( $R_b$ ) rádiuszok esetén a (15) összefüggés felhasználásával.

A súrlódás nélküli ( $\mu=0$ , vagy  $m=0$ ) esetben a munkadarab nem hordósodik és a nem hordósodó munkadarab rádiusza a térfogat-állandóság felhasználásával számítható.

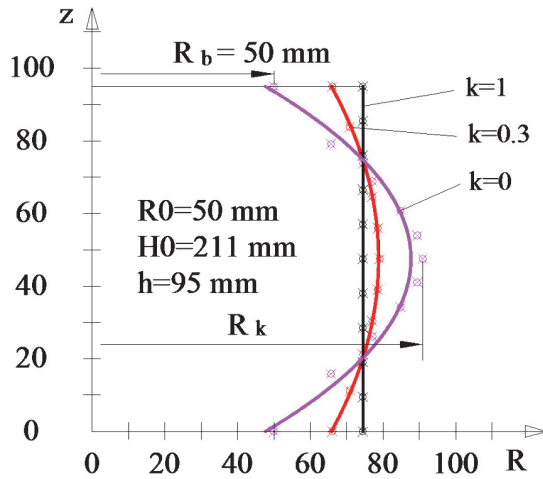
Teljes letapadás ( $\mu=0,577$ , vagy  $m=1$ ) esetén  $R_b=R_0$ . Az itt említett szélső értékek között az ( $R_b$ ), és ezzel együtt a munkadarabot határoló görbe alakja a súrlódási tényező értékétől függ.

A görbesereg felvételénél az egyszerűsítő feltételezések:

- a profilgörbe a párhuzamos nyomólapok között mindig és mindenhol jól közelíthető egy másodfokú polinommal

– a munkadarab és a szerszám két érintkezési felületénél ( $z=0$  és  $z=h$  helyen) a rádiuszok egyenlők ( $R(0)=R_b$ ,  $R(h)=R_b$ ), és a  $z=h/2$  helyen a rádiusz értéke maximális ( $R(h/2)=R_k$ ).

A görbesereg a 8. ábrán lévőhöz hasonlóan felvehető az anyagáramlás matematikai modellezésével is, a (9, 11) sebességkomponensek felhasználásával (9. ábra).



9. ábra. A 95 mm-re zömített munkadarabok profilgörbéi a (9, 11) anyagáramlási sebességkomponensekkel modellezve különböző ( $k$ ) értékek esetén.

A 9. ábra elkészítésénél a kiinduló henger alkotóján pontokat vettünk fel, és az említett matematikai modell felhasználásával ábrázoltuk a pontok deformált képét különböző ( $k$ ) értékek mellett, majd a pontokat másodfokú polinommal közelítettük.

Megállapítható, hogy  $k=1$  esetén az alakváltozás homogén lesz, a munkadarab hengeres marad, a (9, 11) összefüggések a szakirodalomban jól ismert (6, 7) alakot veszik fel.

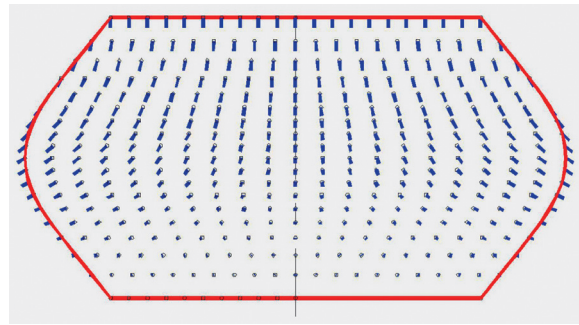
A 9. ábra és a (11) összefüggés alapján is érzékelhető, hogy  $k=0$  esetén a munkadarab és a szerszám érintkezésénél a sugárirányú sebesség értéke 0. Ez megfelel a teljes letapadásnak [9].

Ebben az esetben a (9, 11) sebességkomponensek az alábbi alakot veszik fel:

$$w_z(z) = \frac{z(2z^2 v_0 - 3zv_0 h)}{h^3} \quad (16)$$

$$w_r(r, z) = -\frac{1}{2} \frac{r(6z^2 v_0 - 6zv_0 h)}{h^3} \quad (17)$$

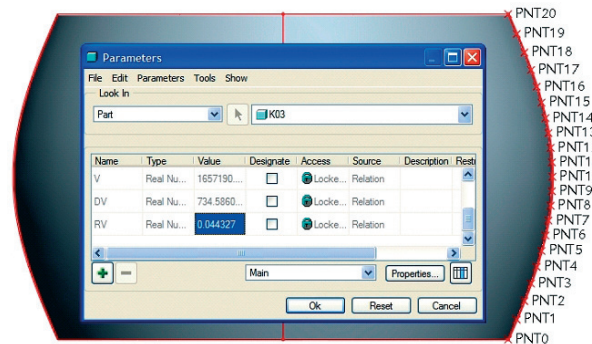
Ilyenkor a munkadarab úgy hordósodik, hogy a munkadarab és a szerszámlap érintkezésénél nem változik az átmérő, a szerszámlapok és a munkadarab érintkezésénél csak tengelyirányú sebességkomponens létezik (10. ábra).



10. ábra Az anyagáramlás képe teljes letapadás esetén a (9, 11) sebességkomponensekkel értelmezett anyagáramlásnál.

A súrlódás nélküli állapot és a teljes letapadás a gyakorlatban nem fordul elő, de ezeket a határeseteket a későbbiekben felhasználtuk.

Felmerült, hogy az anyagáramlás matematikai modellezésével meghatározott geometriai adatok mennyire felelnek meg a térfogat-állandóságnak.



11. ábra. A térfogat-állandóság ellenőrzése a matematikai modellnél.

A (9) tengelyirányú sebességkomponens felhasználásával a (11) sugárirányú sebességkomponens úgy lett meghatározva [7], hogy a sebességmező divergenciája zérus legyen (10).

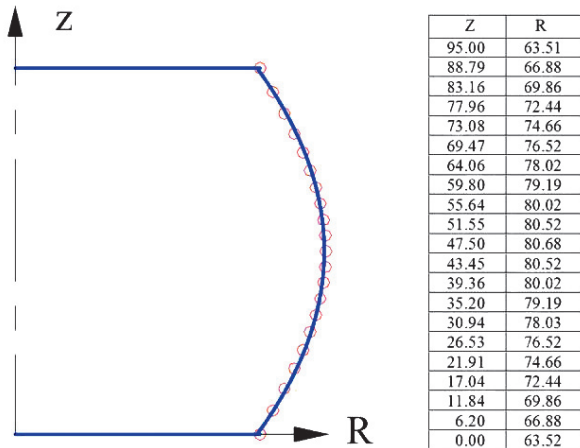
Ez elvileg biztosítja a térfogat-állandóságot. Az esetleges eltérés abból adódik, hogy zömítésnél az anyagáramlás időben állandóan változó, a modellezésnél pedig a  $v_0=0,1$  mm elmozdulásokon belül állandóságot feltételeztünk.

Az ebből adódó hibát úgy ellenőriztük, hogy a közelítő számítással kapott határoló pontok koordinátáit a Pro/Engineer szoftverrel ábrázoltuk és azokat spline görbékkel kötöttük össze. Az így kapott profilgörbével elkészítettük a forgatáshoz szükséges vázlatot, majd azt megforgatva a hordós munkadarab geometriai modelljét. A geometriai modell birtokában a térfogat a Pro/Engineer szoftver segítségével már meghatározható. A Pro/Engineer szoftverrel kiszámítottuk a térfogat eltérésének százalékos értékét, ami 0,044%-ra adódott (11. ábra).

A vizsgálat alapján kijelenthető, hogy a kis lépésekkel alkalmazott matematikai anyagáramlási modell biztosítja a térfogat-állandóságot.

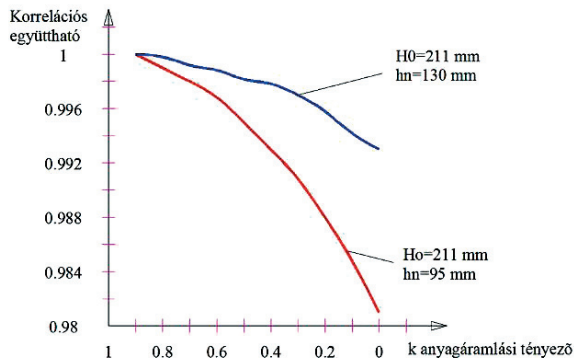
Az anyagáramlás matematikai modellezésénél megvizsgáltuk a határoló pontok parabolával való közelítésének pontosságát is.

A tetszőleges sűrűségű pontok ábrázolására és azok koordinátáinak kigyűjtésére egy korábbi AutoLISP programot fejlesztettünk tovább. A korrelációs együtthatók értékét a táblázatosan kigyűjtött koordináták alapján a MathCAD szoftverrel határoztuk meg. A 12. ábrán látható táblázat adatai és a közelítő függvény adta értékek között a korrelációs együttható értéke  $r=0,997$ , ami szoros kapcsolatra utal.



12. ábra. A határoló pontok kigyűjtése, ábrázolása, ( $k=0,3$ ,  $H_0=211$  mm,  $R_0=50$  mm,  $h=95$  mm geometriai adatokkal)

Ezt a vizsgálatot  $k=0$  és  $k=1$  között 0,1-es lépésközzé végeztük el.



13. ábra A közelítés pontosságát befolyásoló tényezők.

Megállapítható, hogy a közelítés pontossága a hordósodás mértékétől függ. Egy adott kiinduló geometriánál a hordósodás annál nagyobb, minél nagyobb a zömítés és minél kisebb a(k) anyagáramlási tényező.

A 9. ábra is szemlélteti növekvő hordósodásnál a határoló pontok fokozott eltérését a közelítő függvénytől.

A vizsgálat alátámasztja, hogy a matematikai modellnél a gyakorlatban ténylegesen előforduló esetekre ( $k > 0,2-0,3$ ) a határoló pontok parabolával való közelítésének pontossága megfelelő.

A 8. ábra és a 9. ábra hasonlósága szembevetendő, az ábrák alapján könnyen feltételezhető a (k) anyagáramlási tényező és az (m) Kudo-féle súrlódási tényező kapcsolata.

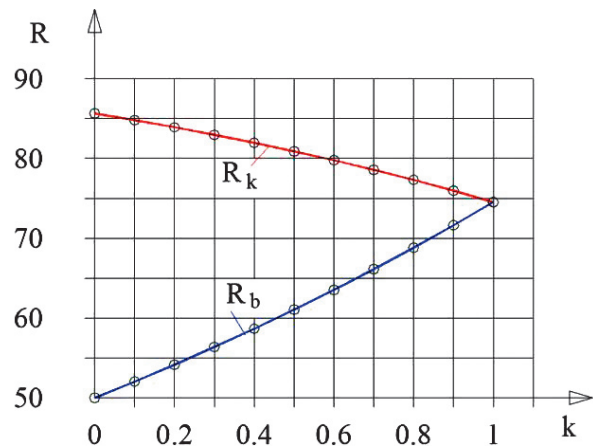
Mindkét ábrán megtalálható a súrlódás nélküli állapot és a teljes letapadásnak megfelelő állapot. A 8. ábrán a súrlódás nélküli állapot az  $m=0$  Kudo-féle súrlódási tényezővel értelmezhető, a 9. ábrán pedig a  $k=1$  anyagáramlási tényezővel. A teljes letapadásnál pedig  $m=1$  és  $k=0$ .

Az általunk javasolt módszer kiemelt egyszerűsítő feltételezése, hogy a Kudo-féle súrlódási tényező számítható az  $m=1-k$  összefüggéssel. Ettől minden bizonnyal létezik pontosabb összefüggés is, de véleményünk szerint a javasolt közelítés a mi célunknak megfelelő.

Munkánkban feltételeztük még, hogy az (m) Kudo-féle súrlódási tényező értéke a zömítés során végig állandó marad. A súrlódási tényező állandóságát a közismert gyűrűzömítésnél és FEM vizsgálatoknál is feltételezik [3, 4].

Az  $m=1-k$  feltételezés után még ki kellett dolgozni a súrlódási tényező hatékony meghatározásának módját.

A módszer kidolgozásához először különböző (k) értékekkel vizsgáltuk a 9. ábrán látható geometriai adatok mellett előforduló ( $R_b$ ) és az ( $R_k$ ) értékeket.



14. ábra. Az ( $R_b$ ) és az ( $R_k$ ) értékek változása a (k) függvényében.

A vizsgálatokat MathCAD szoftver segítségével  $h=130$  és  $h=95$  magasságoknál a teljes sorozatra /  $0 \leq k \leq 1$  / elvégeztük.

Az adatok elemzése alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a sugarak és a (k) tényező között funkcionális összefüggés van, és az összefüggés regressziós görbével (egy másodfokú polinommal) bármilyen zömítési feladatnál meghatározható.

Ez a megállapítás, hogy a kapcsolat törvényszerűsége jól kifejezhető egy másodfokú polinommal, felhasználható arra, hogy az  $R_k=f(k)$ , vagy a  $k=f(R_k)$  közelítő függvényt 3-3 értékpár alapján állítsuk elő (1. táblázat).



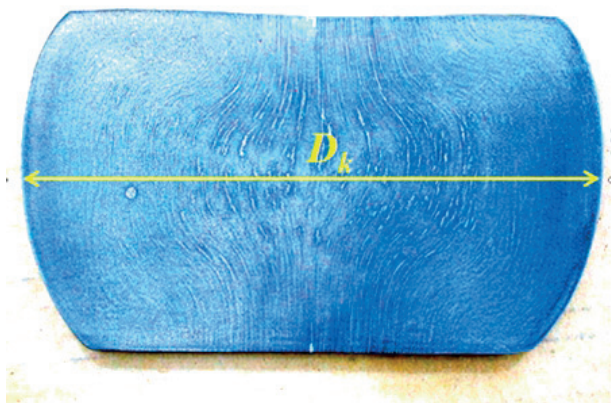
k	$R_b$	$R_k$
1	$R_b \text{ max}$	$R_k \text{ min}$
0,5	$R_b \text{ (m)}$	$R_k \text{ (m)}$
0	$R_b \text{ min}$	$R_k \text{ max}$

1. táblázat. Az  $R_k=f(k)$  függvény felvételéhez szükséges adatok.

Mint ismeretes,  $k=1$  esetén a munkadarab nem hordósodik, így  $R_b=R_k$ . Ezek az értékek a térfogat-állandóság alapján könnyen meghatározhatók. A  $k=0$  értéknél  $R_{b \text{ min}}=R_0$ , és  $(R_k \text{ max})$  értéke a (15) összefüggéssel kiszámítható a  $z=h/2$  behelyettesítéssel. Tehát a matematikai modellezésnél a számítási ciklust egyedül egy célszerűen megválasztott közbenső helyen (pl.  $k=0,5$ ) kell alkalmazni.

A (15) összefüggés alkalmazása az  $(R_b)$  ismeretét igényli. Belátható, hogy a  $k=f(R_k)$  közelítő összefüggés meghatározásához a számítási ciklust nem kell egy egész pontháló adataival elvégezni, elegendő csak a sarokpont sugárirányú elmozdulásait figyelembe venni. Ha már meghatároztuk a  $k=f(R_k)$  függvényt, akkor az felhasználható egy kísérlet kiértékeléséhez.

A kiértékelésnél meg kell adni a kiinduló  $(R_{k_0}, R_{b_0}, h_0)$  geometriai adatokat, a zömített munkadarab  $(h)$  magasságát és a zömített munkadarab  $(R_k)$  legnagyobb sugarát.



15. ábra. A zömített kovácsdarab  $D_k$  mérete.

A MathCAD matematikai szoftverrel elkészített program elvégzi a számítási ciklust, meghatározza a  $k=f(R_k)$  függvényt, abba behelyettesíti az  $(R_k)$  értékét. A számítás eredménye a zömítést jellemző  $(k)$  anyagáramlási tényező lesz. A  $(k)$  anyagáramlási tényező ismeretében már az  $m=1-k$  összefüggéssel adódik a súrlódási tényező értéke.

A 15. ábra egy kísérleti munkadarab szálelrendeződését szemlélteti. A szálelrendeződés alapján megállapítható, hogy a tényleges zömítést az 1. ábrán értelmezett letapadás jellemzi. A matematikai modellnél a letapadás jelensége nincs értelmezve, a kapott súrlódási tényező egy közelítő, átlagos értéként kezelhető.

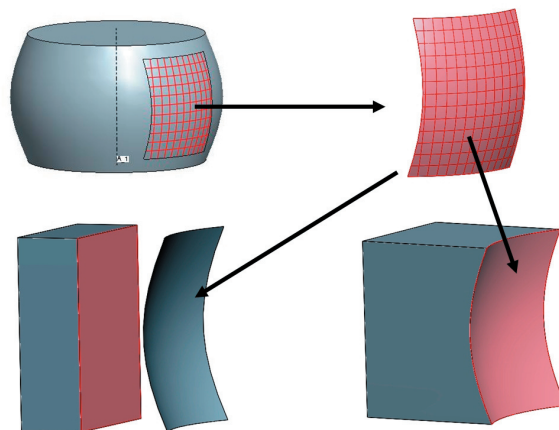
#### 4. ÜZEMI ADAPTÁCIÓ

A fejlesztést azért végeztük el, mert a kísérletileg meghatározott súrlódási tényező értékét a manipulációt végző robot munkadarab befogó pofájának tervezésénél kívántuk felhasználni.



16. ábra. Robotkar fogófelülete.

Az ilyen célzatú felhasználás során a Pro/Engineer szoftvernél a bemenő adatok az  $(R_{k_0}, R_{b_0}, h_0, h)$  és az  $(m)$  értékek. A MathCAD program ezen adatokkal határozza meg a zömített munkadarabnál az  $(R_k)$  sugarat, majd ezt az  $(R_k)$  értékét visszaadja a Pro/Engineer számára, a Pro/Engineer szoftver pedig elkészíti a zömített munkadarab várható háromdimenziós geometriai modelljét. A háromdimenziós geometriai modell lehetővé teszi, hogy a zömített munkadarab várható alakjának megfelelően tervezzük a robot munkadarabot befogó pofáját. A tervezés elvi menetét szemlélteti a 17. ábra.



17. ábra. A 3D-s geometriai modell felhasználásának elvi lehetősége a robot munkadarab befogó pofájának tervezésénél.

Vizsgáltuk az  $(R_k)$  sugarak  $(z)$  irányú eltolódási lehetőségeit is különös tekintettel a gyártási folyamat stabilitására. Megállapítottuk, hogy az eltolódás mértéke valós gyártási körülmények között csak rendszerhiba (pl. inhomogén hőmérséklet eloszlás a munkadarab  $(z)$  tengelye mentén, eltérő érdességű zömítő felületek, kenési zavarok) esetén számottevő. Az eltérést a rendszer ér-

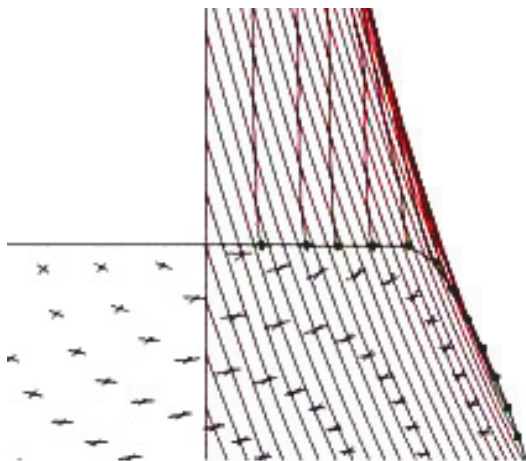


zékeli és korrigálja, ezért az aszimmetrikus hordósodás részletes vizsgálatát nem tartottuk indokoltnak.

A súrlódási tényező meghatározásának általunk javasolt módszerét a Rába Futómű Kft. a kísérleti mintadarabok jó eredményei alapján be fogja vezetni.

## 5. FÉM VIZSGÁLATOK

A  $k=f(R_k)$  függvény végeselemes meghatározását is célul tűztük ki. A vizsgálatoknál megfigyelhető volt a részleges letapadás jelensége [9].



18. ábra. NODE pontok elmozdulása és a letapadás.

A részleges letapadás az  $(R_b)$  rádiusz értelmezését befolyásolja, így közvetlenül a végeselemes módszerrel nem tudtuk egyértelműen alátámasztani az általunk javasolt egyszerűsített módszer helyességét.

## ÖSSZEFOGLALÁS, KÖVETKEZTETÉSEK

A kutatómunka során felismerhetővé vált, hogy a választott, kinematikailag megengedett, hordósodást eredményező sebességmező ( $k$ ) anyagáramlási tényezője összefüggésbe hozható a Kudo-féle súrlódási tényezővel. Méréssel, korrelációs számítással igazolható, hogy a zömítésnél a hordósodó munkadarab profilgörbéje jól közelíthető egy másodfokú polinommal. A másodfokú polinom együtthatói meghatározhatók a geometriai adatok segítségével, ami lehetővé teszi a zömített munkadarab háromdimenziós geometriai modellezését. Ugyancsak megvizsgálva a választott sebességmezőnél a zömített munkadarab profilgörbéjét, megállapítható, hogy az leírható másodfokú polinommal. Ezzel is alátámasztható a választott sebességmező alkalmazhatósága.

Javasolt a Kudo-féle súrlódási tényező közelítő számítására az  $m=1-k$  összefüggés alkalmazása. Az összefüggés hatékony alkalmazására egy módszer került bemutatásra. A módszer felhasználásával, a Pro/Engineer és a MathCAD szoftverek összekapcsolásával egy program

készült a Kudo-féle súrlódási tényező meghatározására, valamint a zömített munkadarab várható geometriájának háromdimenziós modellezésére.

Végző soron fejlesztésre került a munkadarab befogó-pofák betéteinek tervezési módja a súrlódási tényező várható értékének figyelembe vételével.

A súrlódási tényező újszerű meghatározása, a módszer alkalmazása a kísérleti befogó-pofák tervezésénél megfelelő eredményt hozott.

A módszer általános használhatósága további vizsgálatot igényel.

## SUMMARY, CONCLUSIONS

*In the process of research it became recognizable that the material stream coefficient ( $k$ ) of the chosen kinematically regulated velocity field which results in barrelling shape can correlate with the Kudo friction coefficient. During upsetting the profile curve of barrelling shape of the working piece can be well approached by a polynomial of the second degree. This can be proved by measuring and correlation calculus. The factors of polynomial of the second degree can be determined by means of geometrical data which allows of the geometrical modelling of the upsetted working piece in 3D. Also analyzing the profile curve of barrelling shape of the working piece at the chosen velocity field it can be stated that the profile is describable by a polynomial of the second degree. The application of a chosen velocity field can be supported by this way as well.*

*The application of context  $m=1-k$  for approximate calculating of Kudo friction coefficient is suggested. A new method was presented for an efficient application of the context. Using this method connecting Pro/Engineer and MathCAD with each other has made a program for the calculation of Kudo friction coefficient and for modelling the expected 3D geometry of the upsetted working piece.*

*In the long run the construction method of working piece holder adapters have been developed with respect for the expected rate of friction coefficient. The original determination of friction coefficient and using this method at designing the pilot holder adapters have brought an adequate result.*

*The general applicability of this method needs more inspection.*

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A győri Széchenyi István Egyetemen működő Integrált Járműipari Termék – és Technológia Fejlesztő Rendszer IJTTR\_08 jelű támogatását ezúton köszöni a szerző.

- [1] DR. HORVÁTH L.: Képlékenyalakító technológiák elméleti alapjai, kézirat, Bánki Donát Műszaki Főiskola Anyag- és Alakítástechnológia Tanszék, Budapest, 1966.
- [2] SIEBEL, E.: Die Formgebung im bildsamen Zustand, Düsseldorf: Verlag Stahleisen 1932.
- [3] BURGDORF, M.: Über die Ermittlung des Reibwertws für Verfahren der Massivumformung durch den Ringstauchversuch.Essen, Industrie-Anzeiger Nr. 5 1967.
- [4] Cristina Maria Oliveira Lima Roque, Sérgio Tonini Button: Application of the Finite Element Method In Cold Forging Processes, J. Braz. Soc. Mech. Sci. vol.22 n.2 Campinas 2000, Print ISSN 0100-7386.
- [5] Z.Y. CHEN, S.Q. XU, X.H. DONG: Deformation Behavior of AA6063 Aluminium Alloy after Removing Friction effect under hot Working Conditions, Acta Metall. Sin.(Engl. Lett.)Vol.21 No.6 pp451-458 Dec. 2008.
- [6] E. TANAKA, S. SEMOTO, Y. SUZUKI: Effects of Lubricants on Compressive Deformation, The Research Institute for Iron, Steel and Other Metals, 1965.
- [7] HALBRITTER, E.: Modeling of Material Flow During Upsetting Between Parallel Pressure Plates, Hungarian Electronic Journal of Sciences, <http://heja.szif.hu/MET/MET-990617-A/met990617a/met990617a.html>, Széchenyi István University of Applied Sciences, ps. 11 Győr, Hungary , 1999.
- [8] TANCSICS F., DR. HALBRITTER E., KISS B.: Implified determination of Friction Coefficient by Upsetting, Műszaki Szemle különszám 2009, pp.384-387.
- [9] DR. HALBRITTER E., DR. SOLECKI L., TANCSICS F.: The Effect of the Pressing Plat's Surface Roughness on Sticking, Technical Review, pp. 155-159, Kolozsvár, 2008. ISSN 1454-0746.
- [10] LANGE, K.: Umformtechnik Handbuch für Industrie und Wissenschaft, Band 2, Massivumformung, Springer Verlag, Berlin, 1988.
- [11] BARTOŇ S., HŘEBÍČEK J.: Heat Flow Problems, in Solving Problems in Scientific Computing using MAPLE and MATLAB., edited by Gander W. & Hřebíček J., Springer, Berlin, Heidelberg, 2004, ISBN 3-540-21127-6, pp. 191-200.

An original determination and application of friction coefficient by using Pro/Engineer and MathCAD softwares.

In the process of research it became recognizable that the material stream coefficient /  $k$  / of the chosen kinematically regulated velocity field which results in barrelling shape can correlate with the Kudo friction coefficient. During upsetting the profile curve of barrelling shape of the working piece can be well approached by a polynomial of the second degree. This can be proved by measuring and correlation calculus. The factors of polynomial of the second degree can be determined by means of geometrical data which allows of the geometrical modelling of the upsetted working piece in 3D. Also analyzing the profile curve of barrelling shape of the working piece at the chosen velocity field it can be stated that the profile is describable by a polynomial of the second degree. The application of a chosen velocity field can be supported by this way as well.

The application of context  $m=1-k$  for approximate calculating of Kudo friction coefficient is suggested. A new method was presented for an efficient application of the context. Using this method connecting Pro/Engineer and MathCAD with each other has made a program for the calculation of Kudo friction coefficient and for modelling the expected 3D geometry of the upsetted working piece.

In the long run the construction method of working piece holder adapters have been developed with respect for the expected rate of friction coefficient. The original determination of friction coefficient and using this method at designing the pilot holder adapters have brought an adequate result.

The general applicability of this method needs more inspection.

# VÁROSI KÖZLEKEDÉS FIZIKAI ÉS INFO-KOMMUNIKÁCIÓS AKADÁLYMENTESÍTÉSI RENDSZERÉNEK IDENTIFIKÁCIÓJA

## THE IDENTIFICATION OF THE PHYSICAL AND INFO-COMMUNICATIONAL ACCESSIBILITY SYSTEMS OF URBAN TRANSPORTATION SYSTEMS

*Adam Titrik\*, Dr. Nagy Vince\*\**

### ABSTRACT

*Society must provide the opportunity for the independent and safe accessibility of transportation accessibility tofor every available means of transport,, passenger traffic establishment and services from start to end to people living with disabilities. Since we Hungary joined the EU, the problem of accessibility isn't only national interest, but also a regulation imposed by of the EU. The comprehensive remodelling of public building according to the EU standards has started. However, the reforming process of the transportation starts at the definition of need and ends at satisfying the need. According to the EU standards it is was impossible to improve the accessibility level to the same level as the level of theany other traffic related services over the past years, sotherefore the development of we have to develop suchan optimised adaptation, identification method became necessary that could reduce the traffic difficulty of people living with disabilities.*

### ÖSSZEFOGLALÁS

Minden eltérő képességekkel rendelkező közlekedő számára biztosítani kell az önálló és biztonságos közlekedés lehetőségét. Az indulási helytől a célállomásig igénybe veendő közlekedési eszközöknek, utasforgalmi létesítményeknek és kapcsolódó szolgáltatásoknak egyenlően hozzáférhetőnek és akadálymentesnek kell lenniük. Hazánk EU-hoz való csatlakozása óta az akadálymentesítési feladatok megoldása nem csak hazai érdek, hanem EU-s előírás is, amelynek megfelelően megkezdődött az épületek komplex akadálymentesítése, azonban az utazás folyamata az igény meghatározásától kezdődik és az igény teljesítésének eléréséig, majd a hazaérésig tart. Az

*\* Ph.D. student, graduate teaching & research assistant, Szechenyi Istvan University, Department of Automotive and Railway Engineering, titrika@sze.hu*

*\*\* témavezető: egyetemi docens, Széchenyi István Egyetem Közúti és Vasúti Járművek Tanszék*

elmúlt évek során az akadálymentességi szintet a különböző szolgáltatásokban nem lehetett azonosan magasabb szintre emelni, így a közlekedők számára olyan optimalizáló alkalmazást kell feltárni, amely alkalmazásával a hátrányos helyzetűek utazás során felmerülő közlekedési nehézségei nagyságrendekkel csökkennek.

### INTRODUCTION

By the Equal Opportunity Act, society must provide the same services to the people living with disabilities [1].

The complete utilisation of a transportation system can generate difficulties, problems. Obstacles can be encountered in the course of transportation among these groups:

- Physical difficulties
  - Boarding vehicle (difference in height, demand of place, access height)
  - Accessibility and utility of the station and its functions
- Informational difficulties
  - Incomplete information
  - Understanding of complex information
- Mistrust difficulties
  - Mistrust in connection with the operation of the transportation sequence and the availability of staff assistance
- Financial difficulties
  - Is the cost of the use of transport services affordable?
  - Is the pricing competitive?
- Temporal difficulties
  - Can we book in time?
  - Can we catch the train in time?
  - Is the timetable suitable?

The physical, informational and mistrust difficulties prevent the people living with disabilities, who account for 13% of the population. At the same time, transportation can be difficult for people with reduced motoring and sensing abilities such as elderly people or people that travel with heavy luggages or children. They come out at 40% of the society.

In Europe there are 63 million people who live with disabilities [1.]. Furthermore, the portion of the aged is very important and increased. Their portion nowadays is 21%, but it would grow to 31% by 2020. 35-40% of the passengers are restricted in their mobility. For example people participate in transportation with wheelchair or passenger travelling with strollers or heavy luggage.

## 2. RELATIONSHIP BETWEEN THE PASSENGER AND THE SERVICE PROVIDER

A four-vector model was chosen to illustrate the measures of the examined service development and for modelling the procedure. (Figure 1). The model contains the requirements of the developing service, which is the adaptation of the user requirement system for the provider, namely the positioning of the elements of the claim vector and the real value vector. The technological and cost vector determine the co-domain of the real value vector. For filling in the values of the four-vector model, the performance survey provides the inputs.

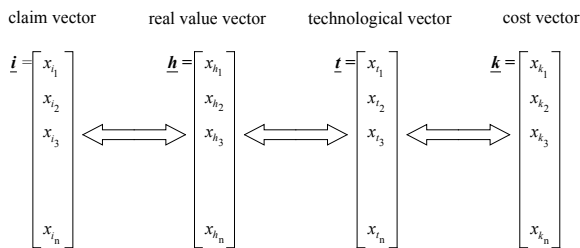


Figure 1.: Value analysis four-vector model

In the course of operating, planning and developing of the public transport surface the complex handling claims of individual (user), procurer (social) and provider (operator) expectations.

The passengers formulated their requirements for the comfort of the travelling process, so it needs to define the characteristic of the service quality. For the explanation of the quality of public utilities – such as public transport – the quality cycle was used. (Figure 2). This model demonstrates the mutual interaction effect of the user and the supplier [2.].

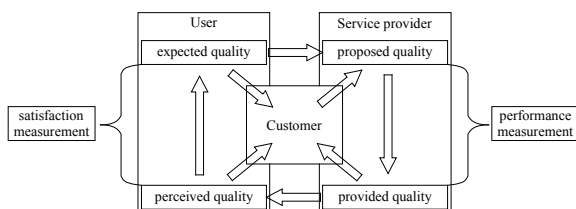


Figure 2.: The quality cycle

In the quality cycle the harmony in the traffic system, the quality of the supplier services and the user's requirements were kept balanced in the model. For the development of the model harmony, system approach was applied so that the development of the elements of the travelling chain can be in harmony. (Figure 3). The figure demonstrates the physical attributes of the passenger accessibility from the start to the end.

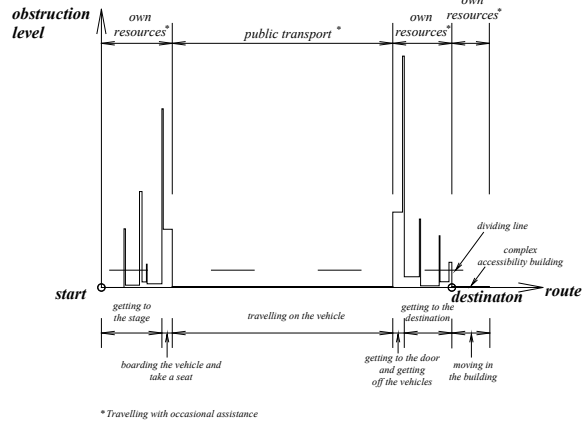


Figure 3.: The level of inaccessibility during the travel

While travelling, the optimal route for people living with disabilities is defined using weighted values of the elements of the transportation sequence. The precision of the data collection and the weighing factors of the obstructions are key issues to formulate the optimal route for the user.

## 3. INCREASING THE ACCESSIBILITY LEVEL

The goal of the evaluation method was to determine the accessibility level with the help of the analysis and evaluation of the elements of the determining aspects. Goal is to discover the opportunities of improvement.

The determining aspects of accessibility, such as system parameters with their weighted values characterize the whole traffic system: traffic route, passenger servicing establishment, accessibility of vehicles. Weighted values are used to recognize the scale in comparison with the other parameters.

The level of accessibility forms a basis for practical solutions, required by Equal Opportunity Act.

## 4. THE OPTIMALIZATION OF THE TRANSPORTATION SEQUENCE

The process of the transportation sequence and its details are demonstrated on Figure 4. It is important to formulate a reliable route with the weighted values of this system, that offers more alternatives to the people living with disabilities. This offers the optimal route for the person. The weighted importance and precision of



the elements are significant for the user in the optional route planning process.

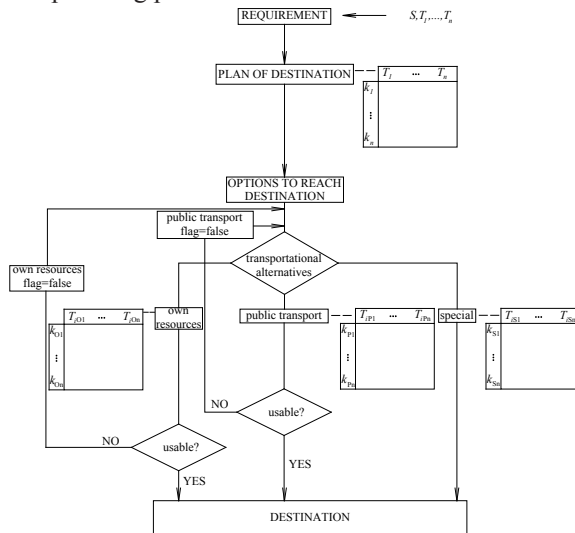


Figure 4.: The transportation sequence

With a suitable mathematical algorithm, it would be possible to formulate the optimal route. The present transportation system can be improved according to the target with this help.

## 5. CONCLUSION

The comprehensive accessibility reform of buildings targets the increased transportation convenience of people living with disabilities. Applying the reform, their needs during transportation can be better satisfied similarly to conventional passengers. The complete reform however, does not apply only to the building but also to the complete way to and from the buildings. To meet the requirements of the Equal Opportunity Act the accessibility of different locations varies so the passengers have to overcome objects with different levels of difficulty. To define the optimal rout for people living with disabilities, a rout optimisation process is needed that takes into account the requirements of the individual. Further studies are necessary to give an opportunity to qualitatively define the difficulty levels of the obstacles. A higher level of accessibility can be reached with the foundation of a system approach of the general accessibility system of the urban traffic. The quality of transportation for people living with disabilities can improve significantly using optimal route planning.

## 6. BIBLIOGRAPHY

[1.] DR. NAGY V., DR. LAKATOS I.: Az akadálymentesség és egyetemes tervezés járműgépészeti-járműtervezői szempontjai, műszaki követelményei,

- felsőoktatási jegyzet SZE- FSZE közalapítvány 2008
- [2.] KORMÁNYOS L.: Az integrált vasúti személyszállítási szolgáltatásrendszer feltételeinek kidolgozása, Ph.D. doktori értekezés, 2009
- [3.] Az esélyegyenlőségi törvény előírásainak való megfelelés vizsgálata a közösségi közlekedésben, tanulmány BME 2005
- [4.] M. MOLLAOĞLU, F. Ö. TUNCAY, T. K. FERTELLI: Mobility disability and life satisfaction in elderly people, Archives of Gerontology and Geriatrics, pp 1-5 (2010)
- [5.] MATTHEW KWAI-SANG YAU, BOB MCKERCHER, TANYA L. PACKER: Traveling with a disability, Annals of Tourism Research, Vol. 31, No. 4, pp. 946–960, (2004)
- [6.] P. CLARKE, J. A. AILSHIRE, P. LANTZ: Urban built environments and trajectories of mobility disability: Findings from a national sample of community-dwelling American adults (1986–2001), Social Science & Medicine 69, pp. 964–970 (2009)
- [7.] K. PETRY, B. MAES, C. VLASKAMP: Psychometric evaluation of a questionnaire to measure the quality of life of people with profound multiple disabilities (QOL-PMD), Research in Developmental Disabilities 30, pp:1326–1336 (2009)



# CONTENTS

1. Dudás A.; Dreyer, R. M.:  
**Development and concept of a modern test engine .....3**  
*Decreasing mechanical losses is the main challenge of engine developers these days. For this reason the AUDI Hungaria Department for Combustion Engines decided to elaborate a concept for a modern test engine. The article analyzes the commonly used engine constructions, identifies the sources of mechanical losses and the opportunities of their measurement.*
2. Hatwágner F. M.; Horváth A.:  
**Error handling strategies for the parallel genetic algorithm .....7**  
*Genetic algorithms are widely used to solve engineering optimisation problems. These kinds of problems often need high computational power, so the parallel use of computers are essential. Genetic algorithms fulfil the parallelisation requirement thus on the basis of the master-slave architecture the tasks can be shared out between the available computers.*
3. Jósvai J., Dr. Kardos K., Dr. Horváth Z.:  
**Production process modelling and planning with simulation method, mounting process optimisation ..... 14**  
*Author focuses on the establishment of the production program using simulation technology in a structure, where several products and high amount of variants per product are produced. The topic of the paper addresses the discrete event simulation technology which is used to model the material flow and the manufacturing processes in the production area.*
4. Kormány E., Dr. Bakó A.:  
**The informatics support opportunities of the corporate environment politics .....20**  
*Paper presents the role of a concrete information tool proving that business procedure models are transparent from environmental affect's point of view; the corporate procedures are measurable and provide effective informatics help to the environmental-focused management activity.*
5. Solecki L., Dr. Réti T.:  
**Measurement of internal involute splines with coordinate measuring machine .....30**  
*Author describes a measuring and evaluation procedure, by which the complex geometry parameters of internally splined shafts can be determined. Difficulty of task follows from the involute profile, small sizes and hard accessibility. Both measuring process with coordinate measuring machine and evaluation of measured data require much time and calculation, but there is no other possibility in case of single measurement.*
6. Tancsics F., Dr. Halbritter E.:  
**An original determination and application of friction coefficient by using Pro/Engineer and MathCAD softwares .....34**  
*Paper describes a simplified determination method of friction coefficient on the basis of the forged solid cylindrical body, using a kinematically allowed velocity field, and then deals with the application possibility of this method.*
7. Titrik, A., Dr. Nagy V.:  
**The identification of the physical and infocommunicational accessibility systems of urban transportation .....43**  
*Since Hungary joined the EU, the problem of the independent and safe accessibility of transportation is not only national interest, but also a regulation imposed by the EU. Development of an optimised, identification method became necessary that could reduce the traffic difficulty of people living with disabilities.*

# GÉP

## INFORMATIVE JOURNAL

for Technics, Enterprises, Investments, Sales, Research-Development, Market of the Scientific Society of Mechanical Engineering

Dr. Döbröczöni Ádám  
**President of Editorial Board**

Dr. Kálmán András  
**General Editor**

Dr. Péter József  
Dr. Szabó Szilárd  
**Deputy**

Dr. Barkóczi István  
Bányai Zoltán  
Dr. Beke János  
Dr. Bercsey Tibor  
Dr. Bukoveczky György  
Dr. Czitán Gábor  
Dr. Danyi József  
Dr. Dudás Illés  
Dr. Gáti József  
Dr. Horváth Sándor  
Dr. Illés Béla  
Dr. Jármái Károly  
Kármán Antal  
Dr. Kulcsár Béla  
Dr. Kalmár Ferenc  
Dr. Orbán Ferenc  
Dr. Pálkás István  
Dr. Patkó Gyula  
Dr. Péter László  
Dr. Penninger Antal  
Dr. Rittinger János  
Dr. Szabó István  
Dr. Szántó Jenő  
Dr. Tímár Imre  
Dr. Tóth László  
Dr. Varga Emilné Dr. Szűcs Edit

Cooperation in the editing:  
Dr. Bukoveczky György



Prof. László Keviczky  
Head of the Doctoral  
School

**SZÉCHENYI ISTVÁN  
UNIVERSITY, FACULTY  
OF ENGINEERING SCIENCES  
INTERDISCIPLINARY  
DOCTORAL SCHOOL  
OF ENGINEERING:  
'MODELLING AND  
DEVELOPMENT OF  
INFRASTRUCTURAL  
SYSTEMS'**



László Kóczy T.  
DSc

Széchenyi István University was founded in 2002. Direct predecessor of the Faculty of Engineering Sciences was one of the largest polytechnic institutes of Hungary which had wide education palette (civil and architectural engineer, mechanical engineer, environmental engineer, transport engineer, informatics engineer, engineer-teacher, management engineer, electric engineer) and multiple industrial connection system. Due to the multi-decade long and tight collaboration of different scientific fields, on the basis of proposal of the MAB (Hungarian Accreditation Board) a uniform engineering faculty was founded with name 'Faculty of Engineering Sciences'.

Following the logic of process, on the engineering area an only one multidisciplinary doctoral school was established, named as Interdisciplinary Doctoral School of Engineering: 'Modelling and Development of Infrastructural Systems'. Head of doctoral school is Prof. László Keviczky, full member of Hungarian Academy of Sciences.

According to the structure and tradition of the Faculty, as well as the measurable demands against it the Doctoral School is primarily active in the scientific fields as follows:

- Civil Engineering (head: László Gáspár, DSc),
- Informatics (head: László Kóczy T., DSc),
- Transportation (head: András Bakó, DSc).

The School admitted the first students in autumn of 2005. The number of admitted students changed between 20 and 30 year by year. The most significant group of these students comes from the MSc level education, which indicates that our young university actively works on all education levels.

Practice showed, that multidisciplinary character is the way not only of the past but of the future as well: however all students belong to one of the three fields, but according to the latest survey nearly half of the investigated topics are definitively connected at least to the one of the other two ones.

Up to now five successful PhD defends happened and further 16 doctoral acts are running, thus according to our expectations the number of obtained degree stabilises around ten per a year in an early date.

Among the tasks of next years – beyond continuation of the normal operating order – the principal ones are the slight and well thought-out widening of the system of professional areas (for example in the field of mechanical and electric engineering), broadening the international connection system and the launching of education in foreign language.

Managing Editor: Dr. Kálmán András. Editor's address: 3529 Miskolc, Budai József u. 46.  
Postage-address: 3501. Pf. 55. Phone/fax: (46) 325-504, 20/9358-812. E-mail: kaests@axelero.hu  
Published by the Scientific Society of Mechanical Engineering, 1027 Budapest, Fő u. 68.

Postage-address: 1371, Bp, Pf. 433  
Phone: 202-0656, Fax: 202-0252, E-mail: a.gaby@gteportal.eu, Internet: www.gte.mtesz.hu  
<http://members.chello.hu/cokom>

Responsible Publishere: Dr. Igaz Jenő Managing Director

Printed by Gazdász Nyomda Kft. 3534 Miskolc, Szervezet u. 67. Managing Director: Vesza József  
Price per month: 900 Ft; Subscriptions 2.700 Ft per a quarter, 5.400 Ft per an half a year, 10.800 Ft per year.

Distribution in foreign countries by Kultúra Könyv és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat H-1389  
Budapest, Pf. 149. and Magyar Média H-1392 Budapest, Pf. 272.

INDEX: 25 343 ISSN 0016-8572

All articles are peer reviewed.