

**MISKOLCI EGYETEM**



**GÉPÉSZMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR**

**ÚJ IRÁNYÍTÁSI, TERHELÉSELOSZTÁSI ÉS TÁVDIAGNOSZTIKAI  
MÓDSZEREK KIDOLGOZÁSA, ELMÉLETI MEGALAPOZÁSA**

**Ph.D. értekezés**

Készítette:

**Trohák Attila**

okleveles mérnök-informatikus

Hatvany József Informatikai Tudományok Doktori Iskola  
Termelésinformatikai tématerület  
Automatizálási és Infokommunikációs Intézeti Tanszék

**DOKTORI ISKOLA VEZETŐ**

**Prof. Dr. Szigeti Jenő**

egyetemi tanár

**TÉMATERÜLET VEZETŐ**

**Prof. Dr. Tóth Tibor**

egyetemi tanár

**TÉMAVEZETŐ**

**Prof. Dr. Végh János**

egyetemi tanár

(†Prof. Dr. Ajtonyi István)

Miskolc, 2015

## **NYILATKOZAT**

Alulírott **Trohák Attila** kijelentem, hogy ezt a doktori értekezést magam készítettem és abban csak a megadott forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, amelyet szó szerint, vagy azonos tartalomban, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem. A dolgozat bírálatai és a védésről készült jegyzőkönyv a későbbiekben, a Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Kar Dékáni Hivatalában lesz elérhető.

-----  
Miskolc, 2015.03.12.

## **KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS**

Az értekezés a Miskolci Egyetem, Automatizálási és Infokommunikációs Intézeti Tanszékén készült a Hatvany József Informatikai Tudományok Doktori Iskola képzésének keretein belül. Először is szeretnék köszönetet mondani tudományos vezetőimnek Prof. Dr. Végh Jánosnak és ideiglenes témavezetőmnek Dr. Czap Lászlónak, hogy szakmai iránymutatásukkal segítették az értekezésem elkészültét.

Köszönöm az Automatizálási és Infokommunikációs Intézeti Tanszék kollektívájának a szakmai és erkölcsi támogatást. Köszönöm Homonnai Emesének a rengeteg ügyintézését.

Köszönettel tartozom menyasszonyomnak, szüleimnek és húgomnak, hogy bízattak és mellettem álltak munkám elkészítésében. Tudományos munkám Prof. Dr. Ajtonyi István irányításával kezdtem, akivel a közösen végzett kutatási tevékenység jelentősen megváltoztatta szemléletem, gondolkodásmódom. Ezt az értekezést emlékének szeretném ajánlani.

"A kutató munka a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Mechatronikai és Logisztikai Kiválósági Központ keretében valósult meg."

## Tartalomjegyzék

|                                                                                                                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Jelölésrendszer .....                                                                                                                                                                           | 7   |
| 1 Tématerületek vizsgálatának gazdasági és tudományos aktualitása .....                                                                                                                         | 8   |
| 2 Új módszer kidolgozása az irányítástechnikai rekonstrukciós projektek során készített operátori kezelőfelületek konfigurációs hibáinak és mérnöki munkaóra-szükségletének csökkentésére ..... | 9   |
| 2.1 A témakör hazai és nemzetközi áttekintése .....                                                                                                                                             | 9   |
| 2.2 A kutatási tevékenység áttekintése .....                                                                                                                                                    | 11  |
| 2.2.1 Operátori kezelőfelület készítése .....                                                                                                                                                   | 11  |
| 2.2.2 Irányítástechnikai rekonstrukció .....                                                                                                                                                    | 16  |
| 2.2.3 Az összetettség szemléltetése .....                                                                                                                                                       | 18  |
| 2.2.4 Az általam kidolgozott új módszer bemutatása .....                                                                                                                                        | 21  |
| 2.2.5 Az új módszer alkalmazásának előnyei .....                                                                                                                                                | 24  |
| 2.2.6 Összefoglalás, továbbfejlesztési lehetőség .....                                                                                                                                          | 27  |
| 2.3 Új tudományos eredmények .....                                                                                                                                                              | 28  |
| 3 Új terheléelosztási módszerek kidolgozása .....                                                                                                                                               | 30  |
| 3.1 A témakör hazai és nemzetközi áttekintése .....                                                                                                                                             | 30  |
| 3.2 A kutatási tevékenység áttekintése .....                                                                                                                                                    | 33  |
| 3.2.1 A modell-rendszer felépítése .....                                                                                                                                                        | 33  |
| 3.2.2 A hatásfok növelése célú terheléelosztás kidolgozása .....                                                                                                                                | 45  |
| 3.2.3 A dinamika növelése célú terheléelosztás kidolgozása .....                                                                                                                                | 54  |
| 3.2.4 Összefoglalás, továbbfejlesztési lehetőség .....                                                                                                                                          | 81  |
| 3.3 Új tudományos eredmények .....                                                                                                                                                              | 82  |
| 4 Távdiagnosztikai módszerek kidolgozása .....                                                                                                                                                  | 84  |
| 4.1 A témakör hazai és nemzetközi áttekintése .....                                                                                                                                             | 84  |
| 4.2 A kutatási tevékenység áttekintése .....                                                                                                                                                    | 86  |
| 4.2.1 Vizsgált lehetséges kialakítások .....                                                                                                                                                    | 87  |
| 4.2.2 PLC alapú kísérleti rendszer .....                                                                                                                                                        | 94  |
| 4.2.3 CAN/RS232 – RS232/CAN konverzió .....                                                                                                                                                     | 97  |
| 4.2.4 CAN adatok átvitele telefonhálózaton laboratóriumi körülmények között .....                                                                                                               | 98  |
| 4.2.5 CAN adatok átvitele telefonhálózaton a megbízó IP telefonhálózatán .....                                                                                                                  | 99  |
| 4.2.6 Adatok átvitele GSM adathívással .....                                                                                                                                                    | 100 |
| 4.2.7 Adatok átvitele GPRS/EDGE kapcsolattal .....                                                                                                                                              | 101 |
| 4.2.8 CAN/RS232 konverzió autóbuszon .....                                                                                                                                                      | 101 |
| 4.2.9 CAN/Ethernet konverzió autóbuszon .....                                                                                                                                                   | 103 |

|      |                                                                                     |     |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.3  | Összefoglalás, továbbfejlesztési lehetőség .....                                    | 105 |
| 4.4  | Új tudományos eredmények.....                                                       | 106 |
| 5    | Az értekezés tézisei .....                                                          | 108 |
| 6    | Összefoglalás .....                                                                 | 111 |
| 7    | Summary .....                                                                       | 112 |
| 8    | Irodalomjegyzék .....                                                               | 114 |
| 8.1  | Értekezés témakörében készült saját publikációk .....                               | 114 |
| 8.2  | Felhasznált irodalom .....                                                          | 119 |
| 9    | Mellékletek.....                                                                    | 122 |
| 9.1  | Tartály adatlap scriptje.....                                                       | 122 |
| 9.2  | Időnyereség táblázatos adatok .....                                                 | 127 |
| 9.3  | Időnyereség grafikonos adatok.....                                                  | 135 |
| 9.4  | A MAVIR szimulátor modul forráskódja .....                                          | 139 |
| 9.5  | A blokk szimulátor modul forráskódja .....                                          | 142 |
| 9.6  | A terhelés elosztó modul forráskódja .....                                          | 151 |
| 9.7  | A minimális fajlagost adó eljárás forráskódja két blokkra .....                     | 161 |
| 9.8  | A minimális fajlagost adó eljárás forráskódja három blokkra .....                   | 162 |
| 9.9  | A minimumkereső eljárás forráskódja két blokkra .....                               | 163 |
| 9.10 | A minimumkereső eljárás forráskódja három blokkra.....                              | 164 |
| 9.11 | A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja két blokkra, 7/1-es eset .....  | 165 |
| 9.12 | A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja két blokkra, 7/2-es eset .....  | 166 |
| 9.13 | A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja két blokkra, 7/3-as eset .....  | 166 |
| 9.14 | A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja két blokkra, 7/4-es eset .....  | 166 |
| 9.15 | A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja két blokkra, 7/5-ös eset .....  | 167 |
| 9.16 | A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja két blokkra, 7/6-os eset .....  | 167 |
| 9.17 | A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja két blokkra, 7/7-es eset .....  | 167 |
| 9.18 | A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja három blokkra, 10/1-es eset.... | 168 |
| 9.19 | A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja három blokkra, 10/2-es eset.... | 168 |
| 9.20 | A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja három blokkra, 10/3-as eset.... | 168 |
| 9.21 | A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja három blokkra, 10/4-es eset.... | 169 |
| 9.22 | A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja három blokkra, 10/5-ös eset.... | 169 |
| 9.23 | A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja három blokkra, 10/6-os eset.... | 169 |
| 9.24 | A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja három blokkra, 10/7-es eset.... | 169 |
| 9.25 | A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja három blokkra, 10/8-as eset.... | 170 |

- 9.26 A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja három blokkra, 10/9-es eset.... 170
- 9.27 A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja három blokkra, 10/10-es eset.. 171

## **Jelölésrendszer**

CAN – Controller Area Network

CSV – Comma-Separated Value

DCS – Distributed Control System

DRAM – Dynamic Random-Access Memory

EDGE – Enhanced Data rates for GSM Evolution

GPRS – General Packet Radio Service

GSM – Global System for Mobile communications

IP – Internet Protocol

MAVIR – Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zártkörűen Működő Részvénytársaság

OPC – OLE

PLC – Programmable Logic Controller

RNI – RS3 Network Interface

ROM – Read-Only Memory

ROS – RS3 Operator Station

RS232 – Recommended Standard 232

RS3 – Rosemount System 3

SIM – Subscriber Identity Module

SRAM – Static Random-Access Memory

VBA – Visual Basic for Applications

VPN – Virtual Private Network

## **1 Tématerületek vizsgálatának gazdasági és tudományos aktualitása**

A doktori értekezésemben az irányítástechnikai rendszerek egyes részterületeinek kutatásával foglalkozom. Egy mai modern irányítástechnikai rendszer több részterületen is igen magas szintű felkészültséget igényel. Egy adott technológia esetében nem csak vezérlés- és szabályozástechnikai feladatokkal szembesülünk, hanem az ember-gép felületek kialakítása, a más rendszerekkel történő kommunikáció, a biztonság, a hatékonyság, a különleges helyzetekre való alkalmazhatóság is fontos. Az értekezésemben három különböző területről emeltem ki feladatokat, melyek mindegyike ipari, járműipari kötődésű, de az irányítástechnika témaköréhez kapcsolódik. A vizsgált területeken, a mérnöki feladatokon túlmutató kutatási tevékenységeket kellett folytatni az eredmények eléréséhez.

Már az egyetemi tanulmányaim mellett is ipari területen dolgoztam, aminek keretében 2003-ban bekapcsolódhattam egy irányítástechnikai projektbe. Egy rekonstrukciós projekt kapcsán szembesültem egy olyan problémával, aminek a megoldását megkeresve egy új módszert dolgoztam ki. Ez az új módszer az irányítástechnikai rekonstrukciós projektek során készített operátori kezelőfelületek konfigurációs hibának és mérnöki munkaóra-szükségletének csökkentésére alkalmas. A disszertációm egyik fejezetében ezzel a témával foglalkozok részletekbe menően.

Később az irányítórendszerek szoftverfejlesztési és rendszerintegrációs kérdéseit kutattam. Főként az OPC alapú egyedi rendszerek fejlesztését és azok folyamatirányító rendszerhez történő illesztését vizsgáltam. A disszertációm egyik fejezetében egy erőművi környezetben kialakított, egyedi fejlesztésű terheléelosztási rendszert és az ahhoz kapcsolódó egyedi fejlesztésű OPC kommunikáción alapuló modellt mutatok be.

A fentiek után az ipari kommunikációs rendszerekkel kezdtem foglalkozni. Ezen a területen a már korábban említett, irányítástechnikai területen szerzett ipari tapasztalatokat felhasználva, járművek távoli hibakód olvasására/törlésére alkalmas rendszer kialakítási lehetőségeit vizsgáltam. Ennek keretében született meg az a bemutatott eszközrendszer, mely segítségével több-telephelyes karbantartás esetében a szükséges eszközök száma és a karbantartó személyzet utazási szüksége jelentős módon csökkenthető.



## **2 Új módszer kidolgozása az irányítástechnikai rekonstrukciós projektek során készített operátori kezelőfelületek konfigurációs hibáinak és mérnöki munkaóra-szükségletének csökkentésére**

### **2.1 A témakör hazai és nemzetközi áttekintése**

Az operátori kezelőfelületek készítésének az irodalma gyakorlatilag a különböző testületek által készített ajánlásokra és az ezeken és ipari/iparági tapasztalatokon alapuló publikációkra korlátozódik.

Ezek az ajánlások főként az operátori kezelőfelületek felépítésére vonatkoznak. A kezelőfelületek esetében nagyon fontos, hogy az operátorok a felmerülő hibákat és új eseményeket a lehető legrövidebb időn belül azonosítani tudják, ami a biztonságos és termelékenyebb üzemelés alapkövetelménye. Kutatásokkal igazolták a helyes színhasználatot. Kísérletekkel bizonyították, hogy mennyire lehet zsúfolt egy képernyő. Vizsgálták a berendezések elhelyezését és animálási lehetőségeit. [1-5]

Paul Gruhn egy cikkben azt vizsgálja, hogy mitől jó egy kezelői képernyő. A nem megfelelően felépített kezelői képernyők ugyanis abnormális működést, milliárdos termeléskieséseket, baleseteket, katasztrófákat okozhatnak. A legegyszerűbb szabályokként az alábbiakat javasolja:

- Legyen kontraszt.
- Amik különböznek azok különbözőképpen nézzenek ki.
- Ismételjünk vizuális elemeket.
- A vizuális elemek között legyen vizuális kapcsolat.
- Amik összetartoznak, azokat helyezzük egymáshoz közelebb. [6]

Lutz Glathe és Sven Kempf egy cikkében a felhasználó-centrikus tervezésre hívja fel a figyelmet. A szerzőpáros a kezelőfelületek készítése során gyengepontnak nevezi többek között az egységes szabványok, a tervezési know-how hiányát. [7]

A terület egyik könyvében egy nagyteljesítményű képernyő kritériumait az alábbiak szerint fogalmazták meg: Készítsünk egy nagyteljesítményű képernyő filozófiát és stílus útmutatót. Értékeljük és mérjük a meglévő grafikákat a filozófia szerint. Minden működési

módra a folyamat irányításához határozzunk meg teljesítmény- és cél mutatókat. Végezzünk feladat analíziseket beavatkozási műveletekkel, hogy elérjük-e a kívánt teljesítmény- és cél mutatókat. Tervezzünk és készítsünk nagy teljesítményű grafikákat a filozófia és stílus útmutató alapján. Telepítsük azt, üzemeljük be és tartsunk oktatást az új rendszeren. Használjuk, tartsuk karban és periodikusan értékeljük a teljesítményét. [8]

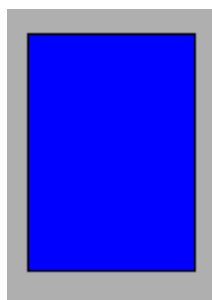
A mérnöki munkaóra-szükséglet és a konfigurációs hibák lehetőségével, annak mérésével kapcsolatos adat nem volt hozzáférhető a disszertáció készítésének időpontjában. A területen tevékenykedő mérnökirodák az ajánlatkészítés során, tapasztalati úton szokták megbecsülni egy képernyő elkészítésének időszükségletét, de ekkor a részletes, végleges elvárások még gyakran nem állnak rendelkezésre. A fejlesztést megkönnyítő, példányosítható, újrafelhasználható elemek – amik használatát a szakirodalom is javasolja – pedig a speciális eseteket nem tudják kiszolgálni és a paraméterezésük konfigurációs hibák kialakulásához vezethet. A konfigurációs hiba alatt azt értem, hogy egy kijelzett adat nem arra a technológiai berendezésre vonatkozik, ahol éppen látjuk. Ez a kezelőt félretájékoztatja, és hibás döntéseket hozhat, ami balesetveszélyes helyzetet is teremthet akár. Egy tanulmány szerint a vegyipari folyamatipari területen a balesetek 73%-a mérnöki, vagy műszaki hiba miatt következett be. Az összes baleset 2%-a az irányítórendszer hibájára vezethető vissza. [9] Az irányítórendszerbe pedig az operátori kezelőfelület is beletartozik az irányító szoftver mellett, tehát fontos, hogy a kezelő a megfelelő helyen lássa a megfelelő információt, hogy megalapozott döntést hozhasson.

A továbbiakban egy irányítástechnikai rekonstrukciós projekt során tapasztalt problémát járok körbe az operátori kezelőfelületeken alkalmazott példányosítható grafikai elemek készítése, konfigurálása területén. Bemutatom azt az általam kidolgozott módszert, ami a később bemutatott esetben alkalmas az operátori kezelőfelületek konfigurációs hibáinak és mérnöki munkaóra-szükségletének csökkentésére.

## 2.2 A kutatási tevékenység áttekintése

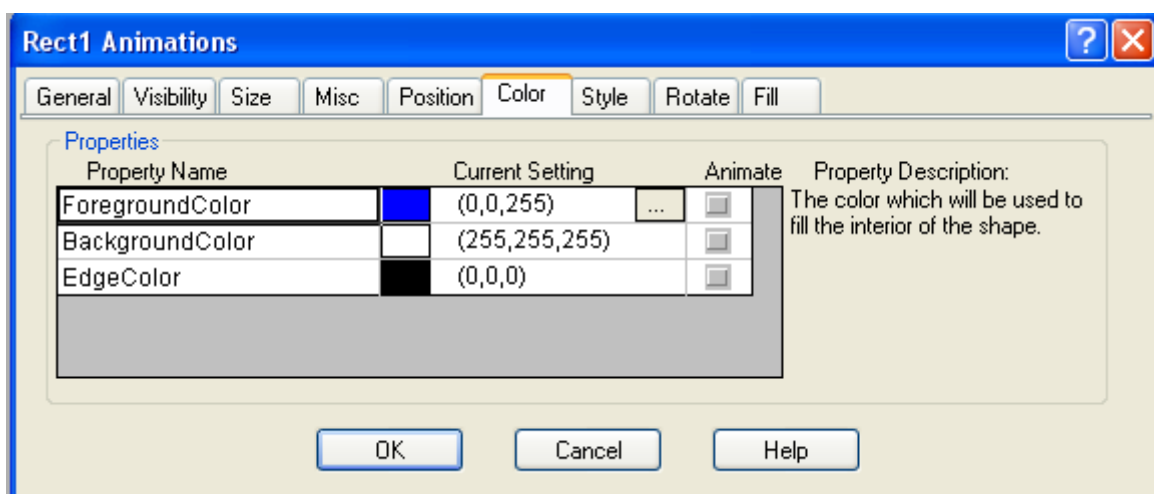
### 2.2.1 Operátori kezelőfelület készítése

Amikor egy operátori kezelőfelületet készítünk, akkor arra törekszünk, hogy a valós technológiát a grafika a lehető legjobban tükrözze. A rajzolás során objektumokkal dolgozunk, és elemi egységekből építjük fel az összetett objektumokat. Egy-egy ilyen elemi objektum például a vonal, kör, téglalap, törtvonal, poligon, felirat, stb. Az alábbi ábra egy téglalapot szemléltet, mint statikus elemi objektumot.



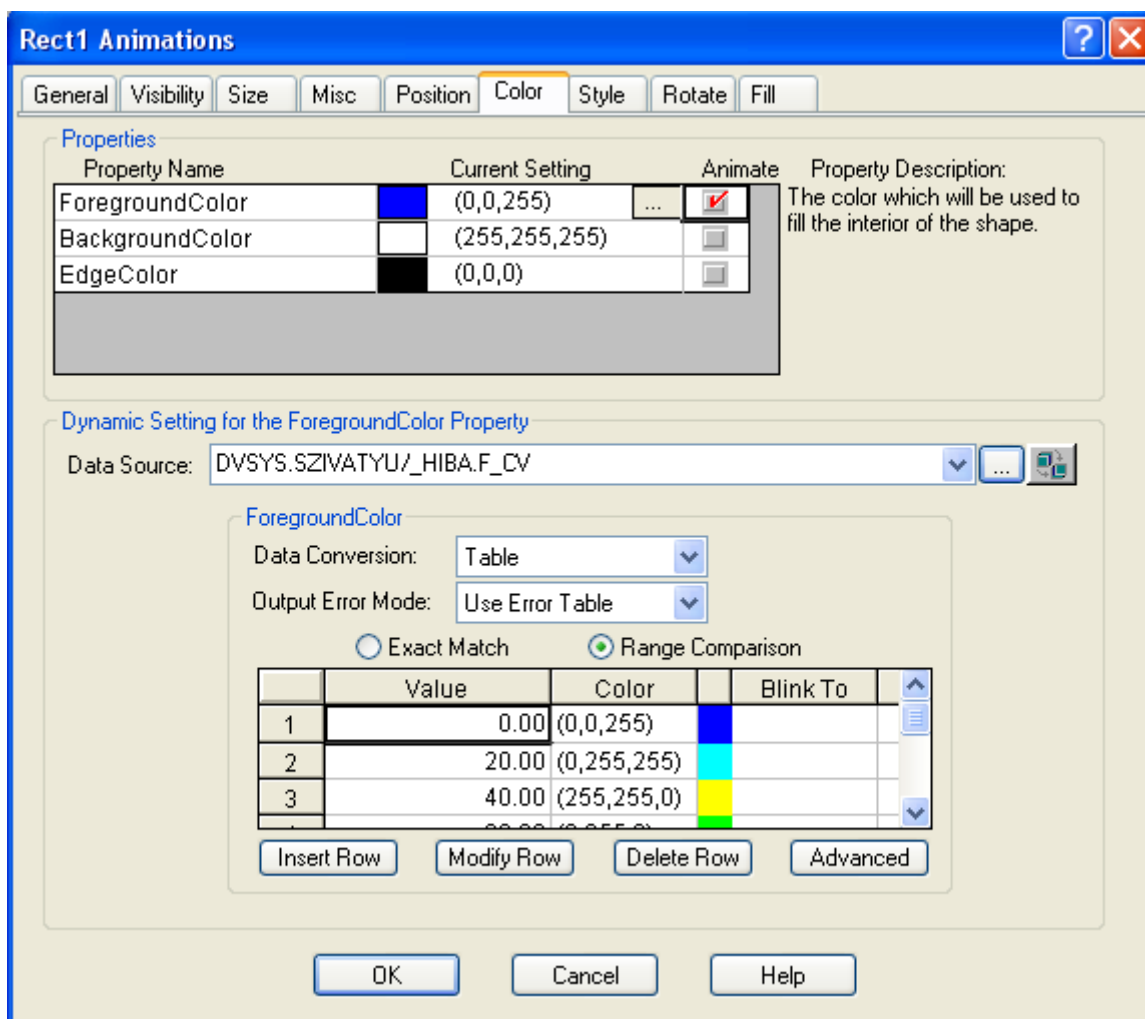
2.1. ábra Téglalap, mint statikus elemi objektum

Az elemi objektumoknak több olyan paramétere is megváltoztatható, amik lehetővé teszik az igényeinknek megfelelő kialakítást. Ilyen paraméter lehet például az objektum neve, leírása, láthatósága, mérete, elhelyezési rétege, pozíciója a képernyőn, színe, stílusok, elforgatása, kitöltése. Az alábbi ábrán a téglalapra történő dupla kattintással előjövő ablak látható, ahol a fentebb felsorolt paramétereket tudjuk csoportokba szedve megtekinteni és beállítani.



2.2. ábra Objektumok beállítható paraméterei

Az, hogy egy statikus grafikát elkészítünk az operátor részére, még kevés. Az operátornak tudnia kell, hogy a felügyelt folyamatot milyen paraméterek jellemzik pillanatnyilag. Ezt úgy tudjuk biztosítani, hogy a folyamatirányító rendszerben megtalálható változók pillanatnyi értékeitől tesszük függővé egy grafikus objektum valamely paraméterének értékét. Ezt animálásnak nevezzük. Az alábbi ábrán is látható, hogy a ForegroundColor paraméter aktuális beállítása melletti oszlopban az Animate opció engedélyezhető.



2.3. ábra Objektumok paramétereinek animálása

Az animálás engedélyezése után lehetőségünk nyílik a paraméter értékét dinamikusan változtatni. Ehhez meg kell adnunk az adatforrást és az összefüggést a változó értéke és a paraméter értéke között.

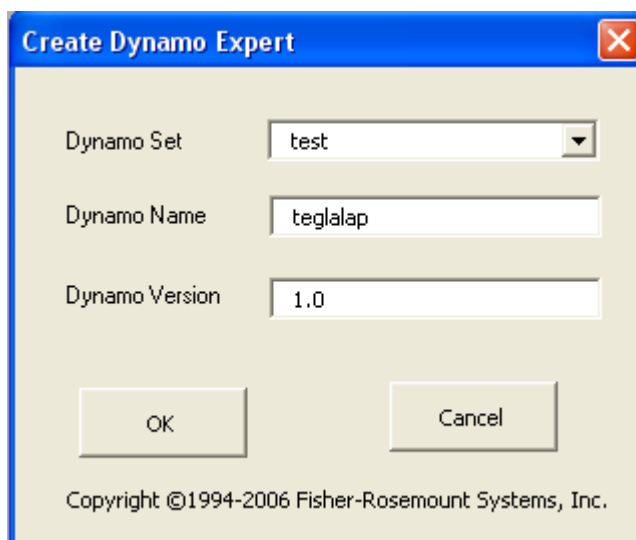
Amikor egy kezelői képernyőt készítünk, akkor több tíz, de akár több mint száz ilyen összerendelést és konfigurálást kell elvégeznünk. Gyakori, hogy egy-egy grafikus elem többször is előfordul. Ekkor természetesen az egyes példányok más-más adatforrást

igényelnek. Ilyen többször előforduló grafikus elem lehet például a szivattyú, motor, tolózár, kézi szerelvény, mérés kijelző, tartály, adatlapok.

Miután egy összetett objektumot az elemekből felépítünk, lehetőségünk van csoportba foglalni őket a könnyebb mozgatás és az elrendezés finomhangolása érdekében.

A grafikák és a vezérlőprogram készítése során az a jellemző, hogy egy-egy technológiai berendezés egy-egy szeparált vezérlőmodult kap és a grafika ezen szeparált vezérlőmodullal kerül összerendelésre.

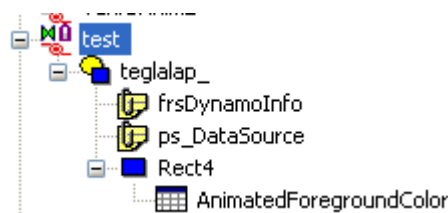
Miután elkészítettük egy technológiai berendezés grafikájának az első működő változatát, lehetőséget biztosít a szerkesztőprogram arra, hogy egy könyvtárba helyezzük az objektumunkat egy speciális eljárással. A könyvtár esetünkben egy olyan gyűjtőhely, ahová a saját fejlesztésű objektumainkat helyezhetjük újrafelhasználás céljából. A speciális eljárás pedig az úgynevezett Dynamo Expert használata. A Dynamo Expert segítségével az elkészített objektumunkat olyan módon tudjuk a könyvtárba helyezni, hogy az onnan történő képernyőre helyezések során egy párbeszédablak lehetőséget biztosít a vezérlőmodul megnevezésére. A fenti példában a DVSYS.SZIVATTYU/\_HIBA.F\_CV lett adatforrásként kijelölve. Ekkor a SZIVATTYU a vezérlőmodul neve. Az alábbi ábra a Dynamo Expert használatát szemlélteti.



*2.4. ábra A Dynamo Expert használata*

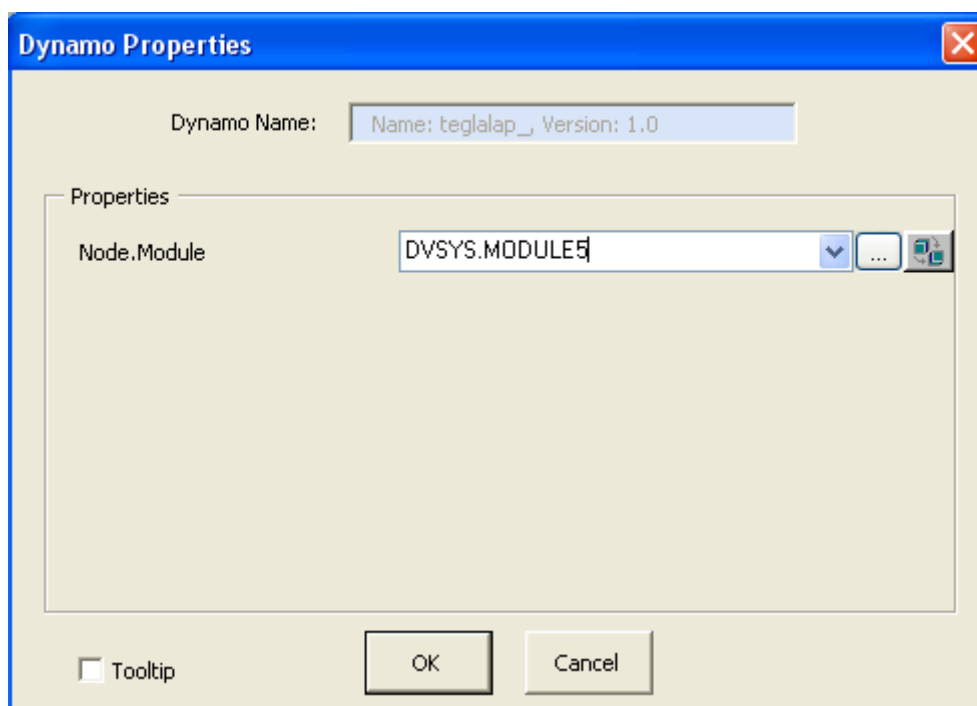
A beépített funkció használata után az alábbi ábrán látható módon került elhelyezésre a könyvtárban az újrafelhasználható dynamo objektumunk. Jól látszik, hogy a

párbeszédablakban megadott névvel és egy aláhúzás karakterrel kiegészítve jött létre egy csoportképzett objektumként a korábbi téglalapunk, aminek van egy animált színezése.



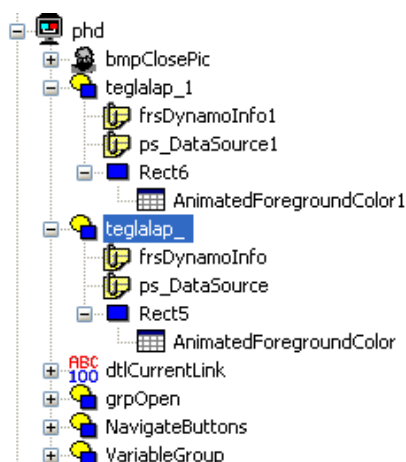
2.5. ábra A Dynamo Expert használatával létrehozott könyvtári dynamo objektum

A könyvtárból a dynamo objektumot a képernyőnkre helyezve megjelenik egy párbeszédablak, ahol megadhatjuk a vezérlőmodult, amivel az adott grafikai példányt össze szeretnénk rendelni. Ez látható az alábbi ábrán.



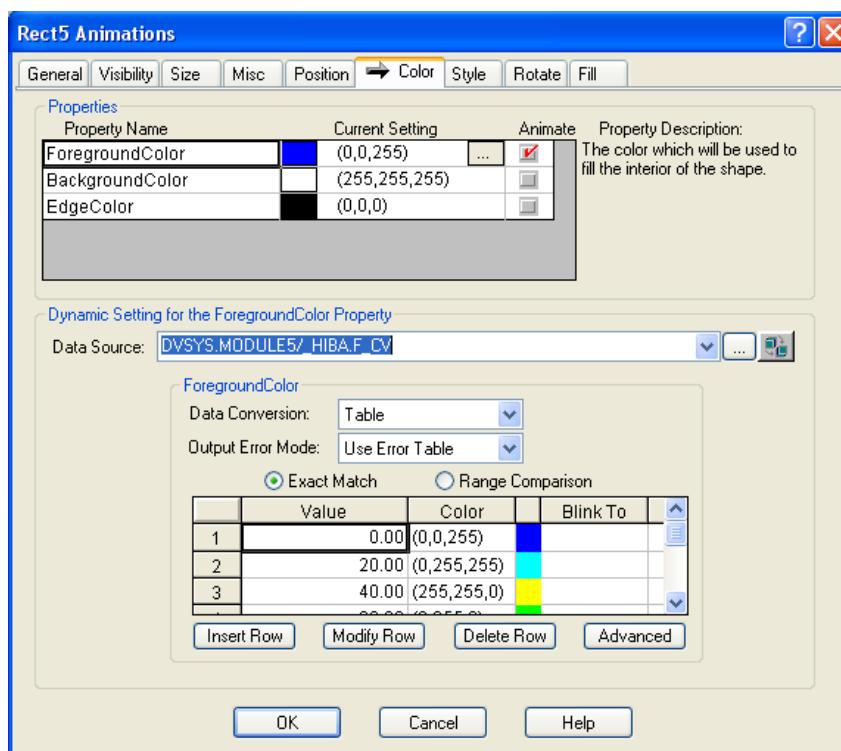
2.6. ábra A dynamo objektum konfigurálása a képernyőre helyezésakor

A működési elv demonstrálása céljából két ilyen téglalapot is elhelyeztem a képernyőn, természetesen más-más vezérlőmodult megadva. Az alábbi ábrán látható, hogy az első objektum a könyvtári névvel került elhelyezésre, majd minden további objektum az aláhúzás jel után egy számot kap. Ezzel a képernyőn az egyes objektumok egyedileg azonosíthatóak lesznek, sőt még az ezekben foglalt objektumok is egyedi elnevezéssel bírnak. Ezeknek az egyedi elnevezésű objektumoknak még jelentősége lesz a továbbiakban.



2.7. ábra A képernyőre helyezett dynamo objektumok nevei

Ha az alábbi ábrán megtekintjük az első elhelyezésnek azt a csoportba foglalt objektumát, amit a korábbiakban még egy elemi téglalapként helyeztünk el majd animáltunk, akkor azt látjuk, hogy az eredeti színezési beállítások megmaradtak és az adatforrás SZIVATTYU része a dynamo objektum konfigurálása során magadott MODULE5 vezérlőmodulra cserélődött. Amennyiben a grafikán módosítanunk kell, vagy csak ha ellenőrizni szeretnénk a hozzárendelt vezérlőmodult, elegendő duplán az objektumra kattintani és a konfiguráló párbeszédablak megnyílik.



2.8. ábra A képernyőre helyezett dynamo objektumok animálási beállítása

A fenti módszer tehát jól hasznosítható a példányosítások során. Sőt, még azt is biztosítja a rendszer, hogy ha megváltozik a könyvtári példány, akkor az abból származtatott példányok is frissíthetők a rendszerben oly módon, hogy a hozzárendelt vezérlőmodul változatlan marad.

A bemutatott gyári megoldás viszont bizonyos esetekben nem használható. Egy ilyen eset az, ha egy összetett grafikai objektum több vezérlőmodulból kell, hogy adatokhoz jusson. Egy új, modern rendszer készítése során a vezérlőszoftver fejlesztésekor odafigyelnek arra, hogy egy technológiai berendezés egy vezérlőmodullal legyen jelen a rendszerben, de egy rekonstrukciós projekt esetében lehetnek olyan esetek, amikor ez nem kivitelezhető. Egy ipari projekt során találkoztam egy ilyen problémával, amit a konfigurálási idő csökkentése és a félrekonfigurálások elkerülése végett meg akartam oldani. Az előzőekben bemutatott módszeren alapulva megkerestem annak a lehetőségét, hogy hogyan tudok olyan egyedi scriptet készíteni, ami olyan működést tesz lehetővé, mint ami a Dynamo Expert használata során létrejött objektum esetében megfigyelhető. De mielőtt rátérnék a módszerre, szeretném a problémát jobban megvilágítani és a megoldásom szükségességét megalapozni.

## **2.2.2 Irányítástechnikai rekonstrukció**

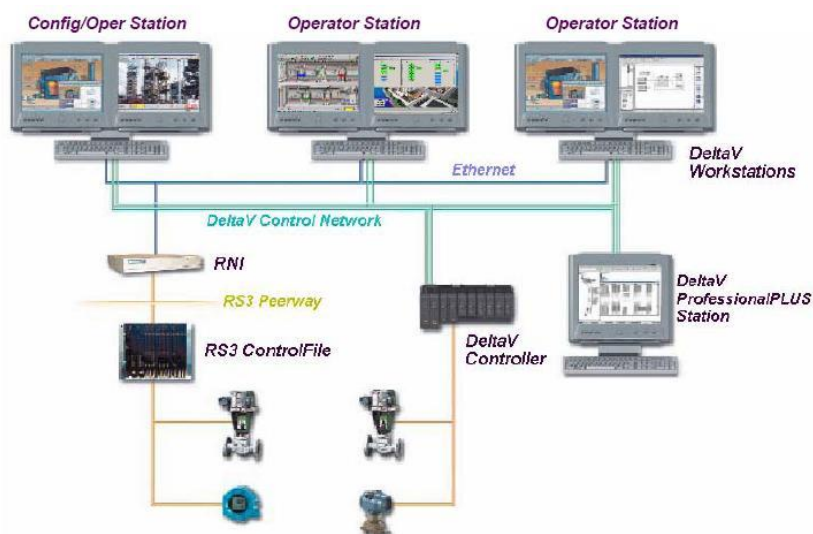
A rekonstrukciós projekt során egy RS3 (Rosemount System 3) rendszert kellett úgy átalakítani, hogy a vezérlőprogram érintetlen maradjon, de a régi kezelőfelület egy modernebbre cserélődjön. Az RS3 rendszerben a Control File a rendszer szíve, mely ABC Batch szoftvert futtat, monitorozza a folyamatot és a mérőköröket, adatokat biztosít az üzem eszközeinek. Minden Control File a PeerWay nevű gerinchálózat egy csomópontja és tartalmaz tápegységet, helyi adatbázist, beépített biztonsági másolatot készítő részt, PeerWay Buffer interfészt, valamint csatlakoztatási lehetőséget 8 kontroller kártyáig. Támogatja a redundáns működést. 1000 kört és 1800 I/O-t kezelhet. A Control File a PeerWay Buffer Card segítségével csatlakozik a kommunikációs hálózatra. Ebből 2 darab beépítésére van lehetőség a redundáns működés érdekében. Az adatokat a PeerWay és a Control File fő részét alkotó Coordinator Processor között továbbítja. A Coordinator Processor egy speciális cél-számítógép. Motorola 68020 16Mhz-es mikroprocesszorral rendelkezik és ABC Batch szoftvert futtat. A felhasználói program (szabályozások,



vezérlőlogikák) a 4MB DRAM, 128kB ROM, 1660kB SRAM memóriákban helyezkedik el. Ennek a rendszernek viszont vannak olyan korlátai, amik már az új grafikus felület készítése során nehézségeket szülnek. [10,11]

Az új rendszer a DeltaV DCS rendszer, melynek egy speciális változata került használatra a projekt során. Ez a DeltaV Operate for RS3. Amikor is a meglévő RS3 rendszer a DeltaV fejlettebb szolgáltatásait elérheti, az RS3 hardveres részeinek minimális módosításával. Mint a nevéből is látszik, az Operate megjelenítő kezeli az RS3-at. Oly módon, hogy a DeltaV adatot cserél az RS3-al egy RNI-n keresztül.[12] Az RNI biztosítja az RS3 PeerWay-hez való Ethernet hálózaton keresztüli hozzáférést. Szoftveres részről kell egy működő DeltaV rendszer, vagy újat kell kialakítani akár controller nélkül is. Az Operator Station, azaz operátori állomás konfigurálása után, a DeltaV Operate for RS3 szoftver telepítése és konfigurálása szükséges. [13]

A kezelői állomás két monitorral rendelkezik, az egyik a DeltaV, a másik az RS3 felület megjelenítésére szolgál. Mind a két felület megegyezik a rá jellemző felépítéssel. A DeltaV részen a megszokott felület, míg a másikon, a DeltaV megjelenítő lett testre szabva, megrajzolva úgy, mint a ROS kezelőfelülete. A ROS, egy RS3-hoz tartozó megjelenítő felület PC alapon. A DeltaV a felhasználók számára lehetőséget biztosít a gyárilag megtervezett elemek módosítására. A kiegészítő rész telepítése során másolódnak be a ROS kinézetű elemek, és a kezelőfelület beállításainál a második megjelenítő ezekkel lesz inicializálva. Az RS3 rész felületén minden teljesen megegyezik kinézetre és funkcionalitásra a felső menüsorban, és az alsó alarm sávban.



2.9. ábra DeltaV Operate for RS3

Az RS3 rendszerben a vezérlőblokkok 16 darab logikai lapból épülnek fel (A – P az analóg, a – p a digitális), ezekben egyedi függvények valósíthatóak meg. A grafika készítése során a kezdetleges animálási lehetőségek is ezeken alapultak. Már itt is látható, hogy lehetnek olyan technológiai egységek, melyek kezelése nem fér el 16 logikai lapon, azaz egy vezérlőblokkban, főleg ha figyelembe vesszük azt a tényt, hogy egy-egy változó lehet, hogy csak a vezérlésben vesz részt és nem kerül felhasználásra a grafikánál. [14]

### **2.2.3 Az összetettség szemléltetése**

Az összetettség szemléltetése céljából bemutatok néhány olyan technológiai berendezést és azok grafikájának működését, amik a leggyakrabban fordulnak elő egy projektben.

#### **Tolózár**

A tolózár, vezetékszakas lezárására alkalmas motoros berendezés. Az alábbi jelekkel és állapotokkal rendelkezik.

##### **Kimenő jelek:**

- Nyit.
- Zár.

##### **Bejövő jelek:**

- Nyitva.
- Zárva.

##### **Képzett állapotok:**

- Nyitás.
- Zárás.
- Hiba.
- Tiltás.

A tolózár működése a vezérlőblokkban van programozva. Mindegyiknek egyedi azonosító neve van, és az összes működéséhez szükséges dolog egy blokkban helyezkedik el.

Állapotainak megjelenítése a test és a fej animálásával, szintulajdonságainak változásával jelenik meg. Legalábbis ezt látja a kezelő. A gyakorlatban a szimbólum több egymás felett elhelyezkedő különböző színbeállítású tolózár láthatósági tulajdonságának változtatásával történik. Azért kellett így megoldani, mert az RS3 blokkokhoz nem nyúltunk és abban a különböző állapotokat a logikai lapok kimenetei jelentik.

Ezek alapján a vizualizálás az alábbi módon történik:

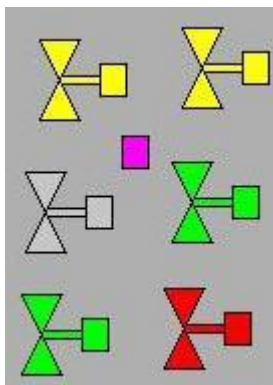
- A nyitó állapotot a fej és a test kitöltési színének zöld/szürke váltogatása jelenti.
- A záró állapotot a fej és a test kitöltési színének sárga/szürke váltogatása jelenti.
- A nyitott állapotot a fej és a test zöld színe jelenti.
- A zárt állapotot a fej és a test sárga színe jelenti.
- A hiba állapotot a fej és a test piros színe jelenti.
- A tiltott állapotot a fej lila színe jelenti.

Az állapotoknál a láthatósági tulajdonságok az alábbi táblázatban összefoglalt logikai lapok kimenetét használja fel.

2.1. táblázat: A tolózár állapotainak forrásai

| Állapot | Forrás |
|---------|--------|
| Nyitó   | d      |
| Záró    | e      |
| Nyitott | i      |
| Zárt    | j      |
| Hiba    | h      |
| Tiltott | a      |

Az alábbi ábrán pedig láthatjuk, hogy a szimbólum több azonos méretű, de más színű részből tevődik össze. Az egyes szimbólumok láthatósága a fenti táblázatban szereplő források pillanatnyi értékétől függ.



2.10. ábra: A tolózár részei

A korábban bemutatott Dynamo Expert segítségével tehát könnyen létrehozható az újrafelhasználható, könnyen konfigurálható könyvtári modul annak köszönhetően, hogy egy vezérlőmodul tartalmazza az összes olyan változót, ami az animáláshoz szükséges.

**Tartály adatlap**

A tartály adatlapon mérnöki, kezelői, számított adatok jelennek meg és egy, a kép megnyitott állapotában rajzolódó grafikon. Ezeknek az adatoknak a forrása mind analóg, kivétel két digitális. Az adatlap különlegessége, hogy az egyes részeire kattintva más-más kezelői felületek (faceplate) jelennek meg, valamint 6 helyen a színezése is változik az adatoknak.

A megjelenített információk adatai az alábbi táblázatban találhatók:

2.2. táblázat: A tartály adatlap adatainak forrásai

| Információ                             | Forrás     | Kezelői felület blokkja |
|----------------------------------------|------------|-------------------------|
| Fenék készlet                          | D.F_CE     | D analóg                |
| Engedélyezett / tiltott                | A.F_Da_OUT | A digitális             |
| Mozgási állapot                        | B.F_Db_OUT | B digitális             |
| Betárolási határ                       | B.F_CE     | B analóg                |
| Kitárolási határ                       | B.F_CF     | B analóg                |
| Változási sebesség idő                 | B.F_CG     | B analóg                |
| Változási sebesség maximum             | D.F_CA     | D analóg                |
| Maximális szivárgás                    | D.F_CB     | D analóg                |
| Tölthetőségi szint                     | D.F_CC     | D analóg                |
| Ürithetőségi szint                     | D.F_CD     | D analóg                |
| Bruttó térfogat                        | C.F_CB     | C analóg                |
| Nettó térfogat                         | C.F_CF     | C analóg                |
| Tölthető térfogat                      | C.F_CG     | C analóg                |
| Bruttó tömeg                           | C.F_CH     | C analóg                |
| Nettó tömeg                            | C.F_CI     | C analóg                |
| Tölthető tömeg                         | C.F_CJ     | C analóg                |
| Változási sebesség mm/óra              | B.F_CK     | B analóg                |
| Változási sebesség m <sup>3</sup> /óra | B.F_CM     | B analóg                |
| 15-fokos bruttó térfogat               | D.F_CK     | D analóg                |
| Szivárgás                              | B.F_CL     | B analóg                |
| Szint                                  | A.F_CD     | A analóg                |

A következő táblázatban a színezéses rész adatai találhatók:

2.3. táblázat: A tartály adatlap jelzései forrásai

| Színezendő                | Forrás     |
|---------------------------|------------|
| Betárolási határ          | B.F_Dg_OUT |
| Tölthetőségi szint        | D.F_Dc_OUT |
| Kitárolási határ          | B.F_Dh_OUT |
| Szivárgás                 | B.F_Df_OUT |
| Ürithetőségi szint        | D.F_Dd_OUT |
| Változási sebesség mm/óra | B.F_De_OUT |

Az alábbi ábrán a tartály adatlapot láthatjuk szerkesztési módban.



2.11. ábra: A tartály adatlap

A fenti táblázatokból kitűnik, hogy ennél a grafikai elemnél nem fogjuk tudni használni a Dynamo Expert szolgáltatását, mivel az RS3 rendszer korlátai miatt azok nem egy, hanem négy vezérlőmodulban helyezkednek el.

#### 2.2.4 Az általam kidolgozott új módszer bemutatása

A fentiekből kitűnik, hogy a DeltaV DCS rendszer grafikai felület készítésére alkalmas szoftvere az operátori képek tartalmát objektum orientáltan kezeli. A szoftver támogatja az egyedi scriptek írását is. Ezen tények alapján úgy gondoltam, hogy lehetséges olyan scriptet készíteni, mely a Dynamo Expert működéséhez hasonlóan viselkedik, de nem csak egy vezérlőmodult képes kezelni, hanem többet. [15, 16]

A tartály adatlap animálásainak forrásai között olyan formában szerepelnek az egyes vezérlőmodulok, hogy: TKxA, TKxB, TKxC, TKxD. Minden egyes tartály esetében ez a négy vezérlőblokk tartalmazza azokat az adatokat, amire szükségem van. Ezeknek a cseréjét nem tudja kezelni a gyári Dynamo Expert és azt tűztem ki célul, hogy az én megoldásom képes lesz erre. A vezérlőblokkok elnevezéséből látszik, hogy a TK kezdet utáni tartályazonosító cseréje elegendő lehet egy adatlap újrakonfigurálásához és ekkor garantáltan minden egyes szükséges helyen megtörténik a csere.

A megoldáshoz az objektum orientált programozás vezetett el. A korábbi ábrák között megfigyelhető volt, hogy ha több azonos típusú objektumot helyezünk el a képen, akkor azok egy numerikus azonosítóval kiegészítésre kerülve egyedi elnevezéssel példányosulnak. Ezt használja ki a módszerem.

A DeltaV-ben a képet gyakorlatilag tekinthetjük egy objektum orientált programnak. [17] Mint már láthattuk, a rajzelemek tulajdonságai állíthatóak, akár dinamikusan is egy rendszerváltozó értékével összerendelve. A rajzelemek csoportokba szervezhetőek. Ahogy azt az objektum orientált programozási nyelveknél megszokhattuk, itt is rendelkeznek eseményhez rendelt függvényekkel az objektumok, azaz a rajzjelek és az azokból képzett csoportok. Ezek a függvények Visual Basic for Applications nyelven készíthetőek el a beépített VBA szerkesztővel. [18]

Miután a tervezési folyamatban elkészült az alap rajzjelekből egy technológiai egység, a dynamo elkészítése következett. Először egy csoportba kell foglalni mindent, amit a későbbiekben egy egységként kívánunk kezelni. A csoportot és az őt alkotó rajzelemeket is el kell látnunk egyedi nevekkal úgy, hogy a programból és a későbbi módosításnál könnyen azonosíthatóak legyenek. Ezek után kezdődhet a konfiguráló felület megtervezése, majd a script megírása.

A programban két nagyon fontos függvényt használtam. Magán a csoporton az *edit* és a *click* tagfüggvényt. Az *edit*, szerkesztési módban a dupla-kattintásra hozza fel a konfiguráló felületet, a *click* pedig futási módban a kezelőpanelt.

Egy scriptnek az alábbi részeket kell tartalmaznia:

- Változók deklarálása.
- A módosítani kívánt objektumok megkeresése.
- A konfiguráló felület meghívása.
- Az új tulajdonság forrásának meghatározása.
- Az objektumhoz az új tulajdonság hozzárendelése.

A változók deklarálása során változókat hozunk létre:

- Az objektumoknak – object típus.
- Az új tulajdonságoknak – string típus.
- Továbbá segédváltozókra is szükség van.

Az objektumok megkeresése az alábbi módon történik:

*Set Objektum\_változó = FindLocalObject(a csoportból a megfelelő elem neve, "animált tulajdonság neve")*

Például: *Set BetarHatar = FindLocalObject(BetarHatInd, "AnimatedCaptionBH")* ahol:

- BetarHatar – egy object típusú változó.
- BetartHatInd – a betárolási határérték megjelenítéséért felelős rész.
- AnimatedCaptionBH – a mérési értéket megjelenítő elem dinamikus tulajdonsága.

Fontos, hogy lássuk azt a konfiguráló felületen, hogy az objektum korábban mivel volt összerendelve. Ezt a következő rész teszi lehetővé:

*oldTartaly\_str = Szint.Source*

*vege = InStr(1, oldTartaly\_str, "A.F\_CD")*

*oldTartaly = Mid(oldTartaly\_str, 18, vege - 18)*

*frmTart1.TextBox1.Text = oldTartaly*

A programrész magyarázatához itt meg kell jegyeznem, hogy az RS3-ből az alábbi módon érhető el például egy tartály szintadata: FIX32.THISNODE.TK20011A.F\_CD, ami azt jelenti, hogy a 20011-es tartály egyik vezérlőblokkja a TK20011A, és annak a D analóg logikai lapjának kimenetén kapjuk a szintet.

A kódrészlet működése:

- Egy sztringbe beolvassa a szint megjelenítésének a forrását
- Megkeressük, melyik pozíción kezdődik az „A.F\_CD” rész
- Egy másik sztringbe rakjuk az első sztring tartály-szám részét
- A tartály-számot átadjuk a konfiguráló felület adatbeviteli mezőjének

Ezután meg lehet jeleníteni a konfiguráló felületet.

*frmTartAdat1.Show*

Majd a dinamikus tulajdonságokat állító sztringek kitöltése következik. Például:

*BetarHatar\_str = "Fix32.THISNODE.TK" + frmTartAdat1.TextBox1.Text + "B.F\_CE"*

Végül az új tulajdonság-források hozzárendelése következik:

*BetarHatar.Source = BetarHatar\_str*

A kezelői felület megnyitása az alábbi függvény segítségével valósítható meg:

*frsLoadRS3\_Faceplate "blokk neve", melyik monitoron, analóg/digitális*

Az analóghoz False, a digitálishoz True beállítás kell. Például:

*frsLoadRS3\_Faceplate "Fix32.THISNODE.TK" + oldModule + "B", 1, False*

A tárlat adataihoz a fenti módszer alapján elkészített teljes scriptet a 9.1. melléklet tartalmazza.

### 2.2.5 Az új módszer alkalmazásának előnyei

A bemutatott módszerem egyik előnye, hogy képes a mérnöki munkaóra igényét csökkenteni egy projektnek, mivel a több vezérlőmodulra hivatkozó újrafelhasználható elemek használatával is időt lehet megtakarítani. Az időmegtakarítás mértékéhez figyelembe kell venni a script elkészítésének az időszükségletét is. Az alábbi táblázattal és érveléssel ezt fogom számszerűsíteni. Az összetett objektum statikus változatának az elkészítése mind a két esetben szükséges és azonos időt vesz igénybe. Igényes mérnöki munka esetében beszédes változóneveket alkalmazunk, tehát ez a lépés is része mindkét módszernek, azonos időigénnyel. Az animálást is mind a két esetben el kell készíteni, azonos időigénnyel. A működését is le kell ellenőrizni mind a két esetben, ugyanolyan módon és azonos időigénnyel.

2.4. táblázat: A hagyományos és az új módszerem alkalmazásának lépései

| Hagyományos módszer                                                        | Az új módszerem                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Az összetett objektum statikus változatának elkészítése. (t <sub>1</sub> ) | Az összetett objektum statikus változatának elkészítése. (t <sub>1</sub> ) |
| Beszédes objektumnevek alkalmazása. (t <sub>2</sub> )                      | Beszédes objektumnevek alkalmazása. (t <sub>2</sub> )                      |
| Animálás elkészítése. (t <sub>3</sub> )                                    | Animálás elkészítése. (t <sub>3</sub> )                                    |
| Működés ellenőrzése. (t <sub>4</sub> )                                     | Működés ellenőrzése. (t <sub>4</sub> )                                     |
|                                                                            | Script elkészítése. (t <sub>5</sub> )                                      |
|                                                                            | Működés ellenőrzése. (t <sub>6</sub> )                                     |

A különbség a script elkészítésének lépéseivel, annak időigényével és az újbóli működés ellenőrzés feladatával, illetve azok időigényével egészül ki.



Amennyiben azt feltételezem, hogy a script váza rendelkezésre áll, akkor csak az objektum-specifikus részeket kell kialakítani benne:

1. A deklarációs részben változókat kell létrehozni a módosítani kívánt objektumokhoz.
2. A deklarációs részben változókat kell létrehozni az új adatforráshoz.
3. A csoportból ki kell választani a megfelelő kijelzőt, azaz az előbb deklarált object típusú változóhoz hozzá kell rendelni azt az objektumot, amit a beszédes változónévvel azonosítunk és az animált tulajdonságot is megadjuk.
4. Az egyik korábbi adatforrás szövegének feldolgozásával meghatározzuk az aktuális beállítás szerinti vezérlőmodult, illetve annak a módosítandó részét, amit egy párbeszédpanel adatbeviteli mezőjébe írunk.
5. A párbeszédpanel megjelenítése. Itt az adatbeviteli mezőben látjuk az aktuális beállítás módosítandó részét. Az itt elhelyezendő nyomógomb click eseményével a párbeszédpanelt elrejtjük. Ekkor folytatódik a script futása.
6. Fel kell építeni az animált tulajdonságok új adatforrásait.
7. Az animálási tulajdonság forrásaihoz hozzá kell rendelni az új adatforrásokat.

A tartály adatlap esetében, ahogyan az fentebb és a mellékletben is megfigyelhető, 27 helyen kell módosítani a tartály azonosítóját. Tapasztalatok alapján azt állítom, hogy a fenti script egy-egy animálási tulajdonsághoz tartozó kitöltendő részének kidolgozása egy-egy percet vesz igénybe, azaz 27 perc. A párbeszédablak kialakításával és a módosítandó rész meghatározásával együtt 30 perc alatt el lehet készíteni a tartály adatlapjához a scriptet.

A tartály adatlapon végigcsináltam a hagyományos elv szerint a tartály azonosítójának a cseréjét a lehető leggyorsabb módon, azaz a másolás/beillesztés módszerrel. Ebben az esetben egy forrás módosítása átlagosan 13,4237 másodpercet vett igénybe, az összes forrás módosítása 6 percet. Tehát az általam kidolgozott módszer segítségével, ha több mint 5 esetben kell használni a tartály adatlapot a projektben, akkor időmegtakarítást lehet elérni.

Ezt a 6 percet egyébként nagyon odafigyelve, zavartalan körülmények között lehetett elérni. Nem vonta el a figyelmet kolléga, nem csörgött a telefon. Ami kiemelten fontos egy ilyen feladatrészesetében, mert ha megzavarnak minket, akkor lehet, hogy kimarad az egyik forrás átírása, és akkor egy másik tartályhoz tartozó adatot fog a kezelőnek mutatni.

Ez a szituáció pedig akár üzemi balesetig is vezethet, ahogy azt már a bevezetőben is írtam. Az általam kidolgozott módszer tehát nem csak a mérnöki munkaóraigény csökkentését, hanem a félrekonfigurálások elkerülését is lehetővé teszi, mivel egy adatbevitel hatására az adott grafikai elem összes animálási paramétere lecserélésre kerül.

Szerettem volna megtudni, hogy a módszerem milyen példányszám és paraméterszám esetében jelent időmegtakarítást.

Ha azt feltételezem, hogy egy komplex objektum esetében 40 animálási paramétert kell a módszeremmel megváltoztatni, akkor vajon hány példányban kell felhasználni, hogy időmegtakarítást érjünk el a hagyományos módszerhez képest? Az új módszer alkalmazásához az időszükséglet 2580 másodperc a 2.1-es képlet alapján. A hagyományos módszerrel ekkor  $2580/13,4237=192,197$  db animálási paraméternél több konfigurálásra van szükség, azaz  $192,197/40=4,804$  db, tehát 5 példány használata esetén már gazdaságosabb a módszerem alkalmazása.

$$t_{új} = n * 60 + 180 [sec] \quad (2.1)$$

$$t_{hagyományos} = n * 13,4237 [sec] \quad (2.2)$$

Ahol,

$n$  az animálási paraméterek darabszáma.

A másik szélsőségesnek tekinthető helyzet, amikor egy olyan grafikus elemem van, amiben 2 animálási paraméterem változik. Ekkor vajon hány példány kell ahhoz, hogy időmegtakarítást érjünk el a hagyományos módszerhez képest? Az új módszer alkalmazásához az időszükséglet 300 másodperc. A hagyományos módszerrel ekkor  $300/13,4237=22,3485$  db animálási paraméternél több konfigurálásra van szükség, azaz  $22,3485/2=11,17$  db, tehát 12 példány használata esetén már gazdaságosabb a módszerem alkalmazása.

Felmerült még bennem az a kérdés, hogy mennyire lehet komplex az az objektum, aminél már megéri a módszerem alkalmazni egy második példányhoz?

$$2 * n * 13,4237 = n * 60 + 180 \quad (2.3)$$

A 2.3-as egyenletben a bal oldalon látható 2-es szorzó a két példányt jelenti. A megoldásából az  $n=5,429$  animálási paraméterszám jön ki, azaz nincs olyan komplexitás, melynél megéri a módszeremet alkalmazni egy második példány miatt.

A 9.2. mellékletben megtalálható táblázatok és a 9.3. mellékletben grafikonok segítségével szemléltettem a fenti időszükséglet-csökkentő lehetőségeket az alábbi összefüggések alapján.

$$t_{\text{hagyományos}} = m * n * \frac{13,4237}{3600} [h] \quad (2.4)$$

$$t_{\text{új}} = \frac{n*60+180}{3600} [h] \quad (2.5)$$

$$t_{\text{nyereség}} = t_{\text{hagyományos}} - t_{\text{új}} [h] \quad (2.6)$$

Ahol,

$n$  az animálási paraméterek darabszáma,

$m$  a példányok darabszáma.

A módszerem másik nagy előnye, hogy a téves konfigurálás lehetőségét egy-egy összetett grafikus objektum esetében gyakorlatilag teljesen megszünteti, amennyiben a script elkészítése utáni ellenőrzési lépésben meggyőződünk a hibátlan működésről. Tehát a módszerem esetében csak egyszer kell a részletes ellenőrzést elvégezni és ezután nullára csökken a hibázás lehetősége függetlenül a példányok számától, míg a hagyományos módszer alkalmazása esetén minden egyes példány, minden egyes animálási paraméterénél megvan az esély a hibázásra.

## **2.2.6 Összefoglalás, továbbfejlesztési lehetőség**

A fentiekben bemutatam egy olyan általam kidolgozott módszert, mely a folyamatirányító rendszerek grafikus kezelői felületének készítése során a több vezérlőmodulra hivatkozó grafikai objektumok esetén biztosítja a hibamentes konfigurálás lehetőségét és a munkaidő-szükséglet csökkenését.

A kidolgozott módszeremet sikerrel alkalmaztam már ipari irányítástechnikai rekonstrukciós projekt során is.

A módszert bemutató vázlatomat benyújtottam a DeltaV rendszer gyártójának világszintű rendezvényére, ahol a témámat beválogatták az előadások közé és így azt az USA-ban több mint ezer érdeklődő hallgathatta meg. A rendezvényen a meghívott előadóként vettem részt a témával, ami a regisztrációs díjtól történő eltekintést is jelentette. Az RS3 rendszer területén dolgozó mérnökök is elismerően nyilatkoztak a megoldásomról. A rendezvényen a módszer alkalmazhatóságáról érdeklődött a 3M vegyipari cég. A későbbiekben pedig a Pfizer gyógyszergyár is megkeresett, hogy hogyan tudják használni a kidolgozott módszeremet.

Továbbfejlesztésre és további munkaidő-szükséglet csökkentésre is látok még esélyt. A módszerem manuális alkalmazása helyett lehetne automatizálni azt, azaz egy olyan programot lehetne készíteni, ami egy táblázat kitöltése után automatikus generálná a scriptet. Ezáltal az egy animálás paraméter script részének készítéséhez szükséges 60 másodperces idő jelentős mértékben csökkenthető lehet, ami még alacsonyabb komplexitás és példányszám esetében is alkalmazhatóvá tenné a módszeremet.

## **2.3 Új tudományos eredmények**

- 1. Tézis: Kidolgoztam egy olyan új eljárást, mely segítségével a DeltaV rendszerben létező egymodulos dynamo eljárást kiterjesztettem több vezérlőmodulra is. Az eljárás alkalmazásával eredményesen csökkentettem a mérnöki munkaidő-szükségletet és a hibázás lehetőségét az objektum orientáltságából ismert bezárási tulajdonság kezelői képernyők készítése során történő direkt használatával. Az eljárás segítségével  $t_{nyereség} = m * n * \frac{13,4237}{3600} - \frac{n*60+180}{3600} [h]$  időnyereség érhető el, ahol  $n$  az animálási paraméterek száma,  $m$  a példányok száma.**

*Az általam kidolgozott eljárás segítségével - amennyiben az együtt kezelendő vezérlőmodulok elnevezésében a szükséges szabályosság megtalálható – a DeltaV DCS rendszer operátori kezelőfelület készítése során, a több példányban felhasznált grafikai objektumoknak a vezérlőmodulokkal történő összerendelését leegyszerűsítő dynamo eljárást kiterjesztettem a több vezérlőmodullal történő összerendelésre.*

*A kidolgozott eljárásom a több vezérlőmodulhoz kapcsolódó grafikai objektumok animálási paramétereinek egyenként történő kézi konfigurálása helyett lehetővé teszi azok egy adatbevitellel történő újrakonfigurálását a grafika objektum orientáltságának kihasználásával. A módszerem által a felhasznált grafikai objektumok példányszámától*

*és azok animálási paramétereinek számától függően a fent definiált képlet alapján számítható mérnöki munkaidő-szükséglet csökkenés elérését teszi lehetővé. (A képletben a 13,4237 a hagyományos módszer alkalmazása során mért, egy animálási paraméter módosításának időszükséglete másodpercben; a 60 az egy animálási paraméter módosítását lehetővé tevő script-részlet elkészítési ideje másodpercben; a 180 a paraméterező adatbeviteli ablak elkészítésének ideje másodpercben.) A kidolgozott eljárás működési elvének köszönhetően a hibátlanra minősített szülőpéldányból származtatott példányok esetében az animálási paraméterek módosítása során előforduló hibázás lehetősége nullára csökkenthető. [S21, S24, S26]*

### **3 Új terheléelosztási módszerek kidolgozása**

#### **3.1 A témakör hazai és nemzetközi áttekintése**

Egy magyarországi erőmű keresett meg minket egy olyan kutatási témával, hogy a korábbi átvételi szerződésüktől eltérő módú üzemre átállva, keresik a költséghatékony termelést biztosító erőműn belüli terheléelosztás módját és javaslatokat várnak a költségminimalizálás mellett más lehetséges terheléelosztási stratégiák megfogalmazására is.

A villamos-energia hálózatok üzemeltetése során kiemelt jelentőséggel bír a szolgáltatás folyamatossága és a költséghatékony működés. A szakterületen a leggyakoribb cél, hogy a felhasznált nyersanyag mennyiségét minimalizáljuk, az átalakítás hatásfokát maximalizáljuk. Egy országos hálózatban gyakran a teljes rendszerre vetítve keresik a minimális költséget. A szakirodalomban találhatunk olyan módszert is, ami egy erőművön belül a termelőegységek között törekszik a termelési költségek minimalizálására. Például egy vízerőmű esetében a cél az, hogy a szükséges energiamennyiséget a legkevesebb víz felhasználásával állítsuk elő úgy, hogy a termelőegységek között a terhelést elosztjuk. [19] Az optimális munkapont megtalálására a mai napig fejlesztenek új eljárásokat. Bortoni és társai 2014-ben benyújtott cikkében egy valósidejű módszert mutat be, ahol a termelőegységek közötti egyenlő arányú elosztásból kiindulva a munkapontok eltologatásával – a termelési igény teljesítése mellett – keresi meg egy többlépéses folyamattal a maximális hatásfokot. [20]

Magyarországon 2014-ben készült el Divényi Dániel Péter PhD értekezése, melyben a kiserőművek egységes ágensalapú modellezésével foglalkozik rendszeriányítási szempontból. A dolgozatában az 50kW és 50MW közötti beépített kapacitással rendelkező kiserőművek egy virtuális nagyerőműkénti optimális üzemeltetését vizsgálja, ahol a profitorientáltságot, azaz az üzemeltetők nyereségének a maximalizálását tartja szem előtt. [21]

A hazai területen még főként fogalmi definíciókra és a magyarországi hálózat üzemeltetési kérdéseire találtam szakirodalmi hivatkozást. [22] Vélhetően emiatt tartotta szükségesnek a téma kutatását a minket megkereső erőmű is. A továbbiakban így a MAVIR által

hozzáférhetővé tett anyagok feldolgozását foglalom össze. A MAVIR (Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zártkörűen Működő Részvénytársaság) feladatai közé soroljuk, hogy:

- gondoskodik a magyar villamosenergia-rendszer megbízható, hatékony és biztonságos irányításáról, a szükséges tartalékokról az erőművekben és a hálózaton,
- biztosítja a villamosenergia-piac zavartalan működését,
- összehangolja a magyar villamosenergia-rendszer működését a szomszédos hálózatokkal.

A rendszerirányítás valós időben működik, feladata az országos energiarendszer teljesítmény-egyensúlyának fenntartása, a mérlegkörök tervektől való eltéréseinek kiegyenlítése. Ehhez meg kell határozni a szükséges tartalékokat, a szabályozás számára lekötött teljesítményeket és azt is figyelembe kell venni, hogy melyik erőmű milyen gyorsan, milyen határfok-változással és mennyiért tudja követni az elrendelt változásokat.

A MAVIR figyelemmel kíséri a hazai villamosenergia-fogyasztás várható alakulását. Rendszeres időközönként felmérést készít az igénynövekedés alakulását befolyásoló bel- és külföldi feltételek változásairól, azok hatásairól, és jelzi a szezonális terhelés és az energiaigény várható alakulását.

A rendszerirányító felelős azért, hogy a villamos-energia megfelelő minőségben és biztonsággal jusson el a fogyasztókhoz, ezért az ország villamos-energia hálózatán mindig elegendő áteresztőképesség tartalékot, az erőművekben teljesítmény tartalékot kell biztosítani. Az erőművekben keletkezett üzemzavarok esetén a kiesett teljesítmény pótlásában részt vesznek az együttműködő energiarendszerek. Az országok közötti kapcsolat az energia-szolgáltatás fizikájából adódóan rendkívül szoros, bármely rendszerben is lép fel hiány, a vele szinkronban működő energiarendszerek mindegyike részt vesz annak pótlásában. Az automatikus segítségnyújtás biztosítja, hogy a fogyasztó nem veszi észre a hazai erőművek valamelyikében bekövetkezett gépkiesést, legyen az bármilyen méretű. Ez a nem tervezett import formájában megjelenő teljesítmény azonban nem vehető igénybe korlátlan ideig. Előírás, hogy minden energiarendszernek 15 percen belül gondoskodnia kell teljesítmény-mérlege egyensúlyának helyreállításáról. Ez a szabály biztosítja, hogy a nagy európai rendszer folyamatosan készen álljon tagjainak kiegészítésére. Az előírás megszegésének leg súlyosabb következménye az lehet, ha megszüntetik a kapcsolatot a szabály ellen vétő rendszerrel. Ilyen nálunk még nem fordult

elő, bár ennek érdekében 2003 januárjában mintegy 300 MW mértékben korlátozni kellett a fogyasztást. Legjobb a bajt megelőzni. Ezzel nem mondtunk semmi újat, de szeretnénk elmondani, mit is jelent ez a MAVIR számára. A biztonságot még az üzem előkészítésekor kell megalapozni. Ekkor a várható eseményekre készülünk fel, megfelelő tartalékokat hagyva az erőművekben és a hálózaton.

Egy nagy, vagy 2-3 kis blokk kiesése nem jelent a fogyasztó számára is érzékelhető eseményt, erre számítani lehet és kell. A rendszer működéséhez hozzátartozik, hogy rendelkezik megfelelő tartalékokkal ezek gyors pótlására. A gond akkor kezdődik, ha az üzemzavar miatt hiányzó teljesítmény jelentősen meghaladja az ésszerű tartalék mértékét. Lehetne persze sokkal nagyobb tartalékokat üzemeltetni, de azt a fogyasztók zsebe bánná.

Az eddigi egyik legnagyobb zavar a 2003. január 13-án bekövetkezett üzemzavar volt, amikor több erőműben egymás után fellépő rendellenesség miatt kellett korlátozni a fogyasztást. A nagy hideg miatt a Mátrai Erőmű fűtőanyaga befagyott. A Dunamenti Erőmű két generátora is leállt, a Csepeli Erőmű nem tudott elindulni. A nemzetközi előírásoknak megfelelően a magyar energiarendszer képes akár a legnagyobb erőműi blokk, tehát 460MW kiesett teljesítmény 15 percen belüli pótlására. De ez akkor mind kevésnek bizonyult, a hiányzó teljesítmény kb. 3-szor nagyobb volt, mint az előírás szerinti tartalék. A nemzetközi hálózathoz hozzánk beáramló, nem tervezett import teljesítmény értéke 5 óra 24 perc és 8 óra között folyamatosan meghaladta az európai rendszeregyesülés által előírt, max. 100 MW-ot. A csúcserőérték, 560 MW-ot 6 óra 22 perckor érte el. Ebben a helyzetben a diszpécser számára az egyetlen igénybe vehető eszköz a fogyasztói korlátozás elrendelése maradt. E nélkül nem lehetett volna javítani a termelés és a fogyasztás egyensúlyán, csökkenteni a nemzetközi energiarendszertől nem egyeztetett módon történő energiavételezést. Mintegy 310 MW-nyi fogyasztást kapcsoltak ki. A korlátozás 8 óra után néhány perccel ért véget, amikor részben hazai, részben import-forrásokból sikerült pótolni a hiányt. [24]

A kutatás során a fenti üzemzavar adta az alapötletet a nem költségminimalizálás alapú, más terheléelosztási stratégia kidolgozásához a vizsgált földgáztüzelésű erőműben. A nettó beépített villamos teljesítőképesség az EU-27-ben 2011-ben, az év végén már megközelítette a 900 GW-ot. Az erőműpark összetételében továbbra is a szén-erőművek képezik a legnagyobb arányt, de ettől alig marad el a földgázra épített erőművek



részaránya, ami 23%. [23] Az előbbi adat alapján számos olyan erőmű van, ahol használható lehet az új stratégia.

### **3.2 A kutatási tevékenység áttekintése**

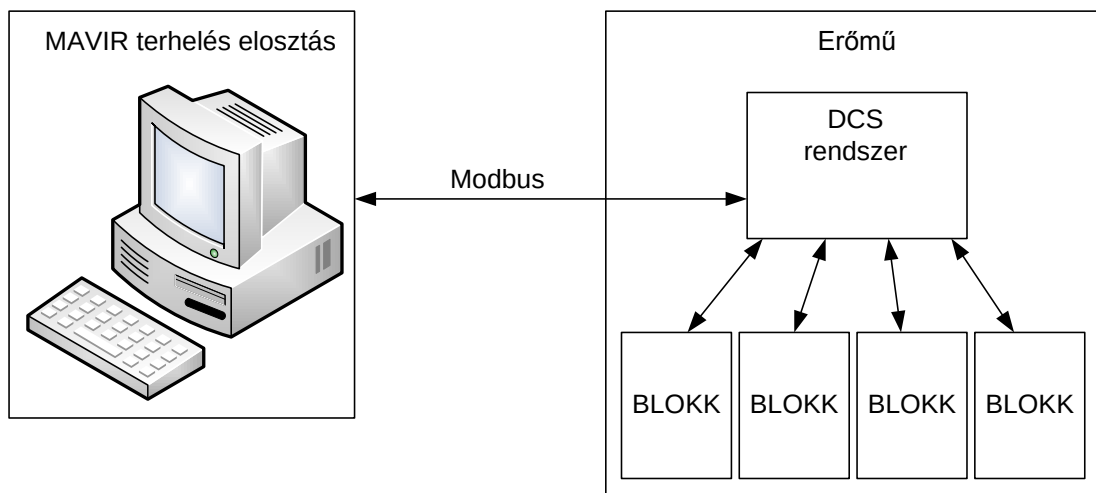
A kutatásom céljául azt tűztem ki, hogy megvizsgálom, miként lehetne a gáztüzelésű erőművek esetében olyan módon megválasztani a termelőegységek munkapontjait, hogy azok egy terhelésnövekedési igény esetében a lehető legrövidebb időn belül, a lehető legnagyobb mértékben legyenek képesek a villamos-energia hálózatba betáplált teljesítményt növelni. A fentiekhez a korábban bemutatott 2003-as üzemzavar adta az ötletet. Véleményem szerint, ha az időjárási körülmények indokoltá teszik, akkor az arra alkalmas erőműveket érdemes lehet az általam kidolgozott terheléelosztási stratégia szerint üzemeltetni. A 2003-as üzemzavar előtt napokon keresztül  $-20^{\circ}\text{C}$  körül volt a hőmérséklet.

A dolgozatomban először bemutatom azt az általam kidolgozott modellt, amin a hagyományos és az új terheléelosztási stratégiákat vizsgáltam. Ezután a két- illetve háromblokkos üzemre mutatom be a kidolgozott módszerem elméleti alapjait.

A Miskolci Egyetemen nagy hagyománya van az új modellek, tervezési elvek, hatékonyságnövelő módszerek kialakításának, így a kutatási módszerem jól illeszkedik ebbe a vonalba. [34-37]

#### **3.2.1 A modell-rendszer felépítése**

A vizsgált erőműben a rendszer úgy működik, hogy a DCS rendszerbe Modbus kapcsolaton keresztül érkezik a termelési igény a MAVIR felől, ami az üzemelő blokkok között kerül szétosztásra egyenlő mértékben. Ennek a rendszernek a kialakítását szemlélteti az alábbi ábra. Az ábrán azért szerepel négy blokk, mert a vizsgált erőmű ennyivel rendelkezik, de a módszeremet csak három blokkig vizsgáltam, mivel az egyik blokk mindig karbantartás alatt áll.

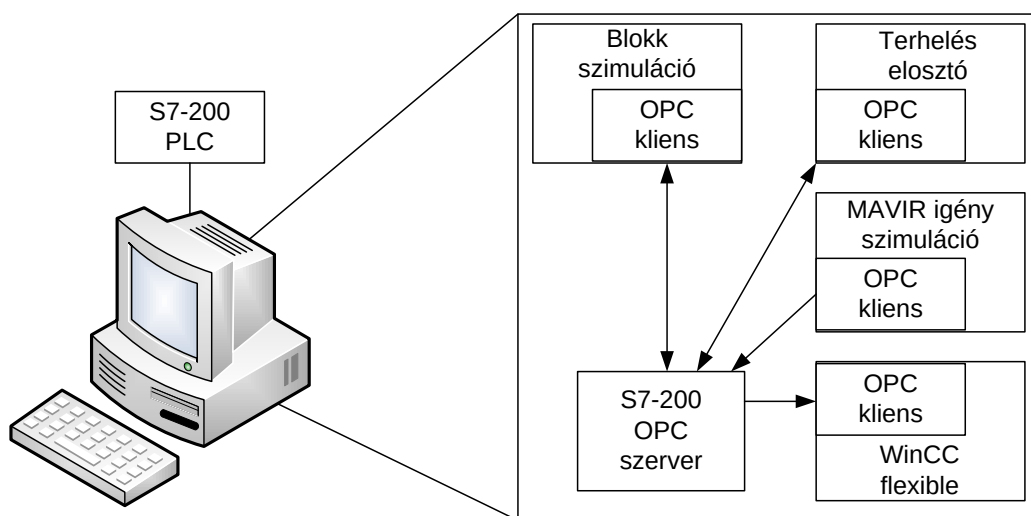


3.1. ábra: A MAVIR és az erőmű kapcsolata

A terheléselosztási stratégiák algoritmusainak és az elképzelések működőképességének tesztelésére kialakítottam egy modell-rendszert, melynek az alábbiak a fő moduljai:

- blokk szimuláció,
- terhelés elosztó,
- MAVIR igény szimuláció,
- S7-200 OPC server,
- WinCC flexible.

A modell-rendszer felépítését és a modulok közötti kapcsolatokat szemlélteti az alábbi ábra.



3.2. ábra: A modell-rendszer felépítése

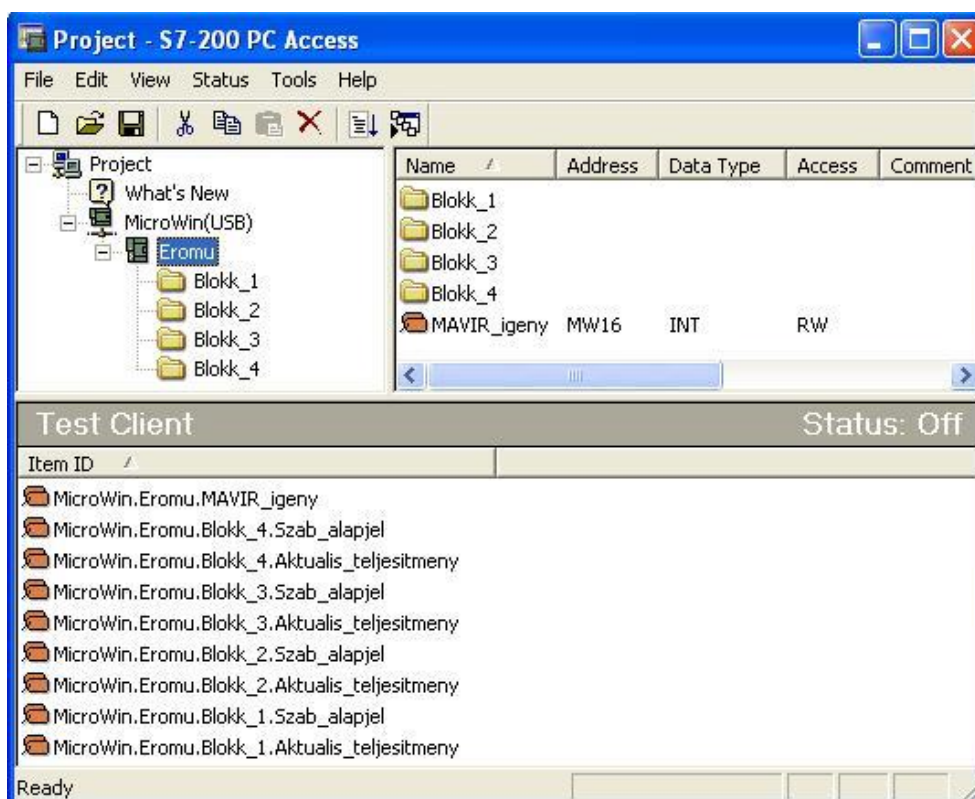
A fenti megoldás segítségével tudtam modellezni a jelenlegi terheléelosztási folyamatot és vizsgálni az új elosztási lehetőségek működőképességét.

A blokk szimuláció, a terhelés elosztó és a MAVIR igény szimuláció egyedi fejlesztésű alkalmazások, melyek Delphi programozási nyelven készültek, és amikhez a Kassi cég dOPC komponenseit használtam fel, mivel az erőműben már bevált ezek használata. [25, 26, 27] A PLC csak segédszerepet töltött be a modellben, mivel azon irányítási algoritmusok nem futottak, csak az OPC szerver működése miatt volt rá szükség.

A következőkben az egyes modulok kerülnek bemutatásra.

### 3.2.1.1 S7-200 OPC szerver

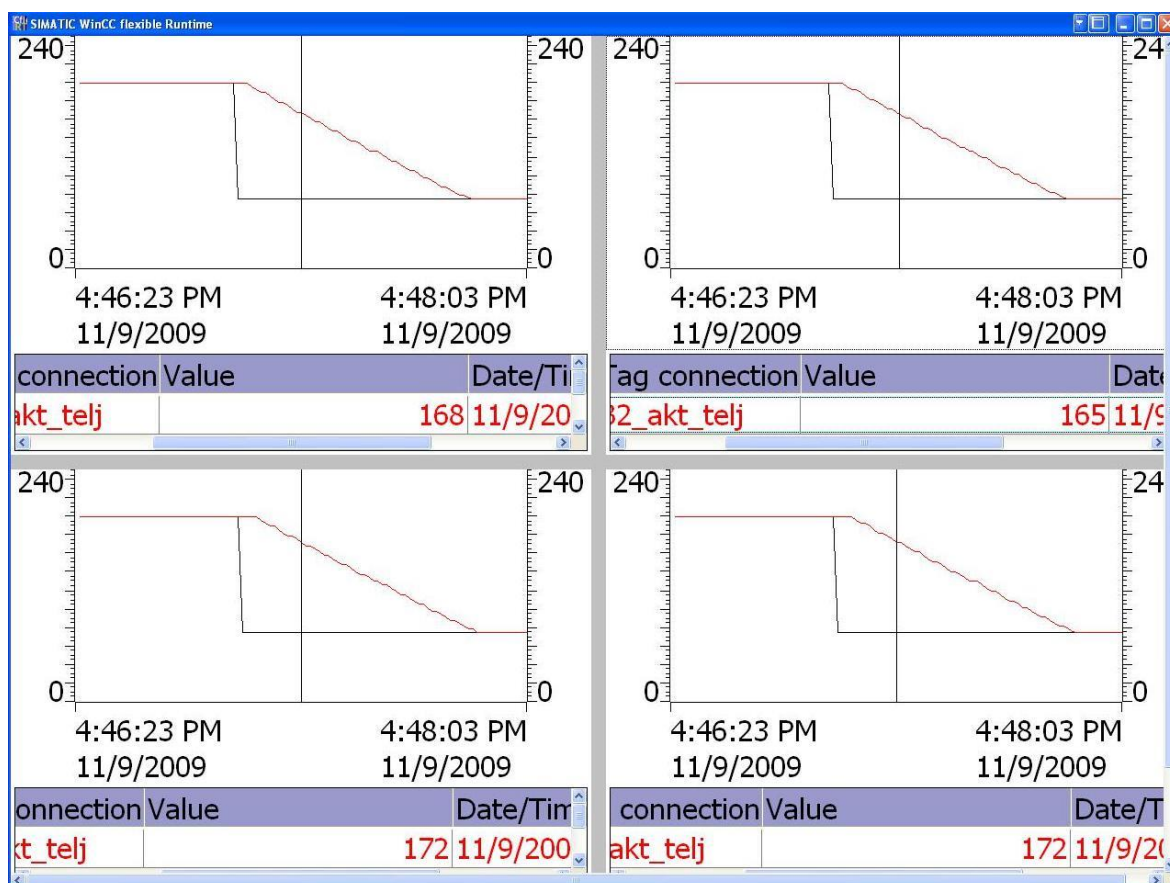
Feladata a DCS rendszer OPC szerverti funkciójának ellátása a modellben. A másik négy modul ezen keresztül tud kommunikálni. A szerverben létrehoztam egy változót a MAVIR igény számára és blokkonként 1-1 változót a szabályozók alapjelének és az aktuális teljesítményeknek. Ezeket szemlélteti a következő ábra.



3.3. ábra: OPC szerver felépítése

### 3.2.1.2 WinCC flexible

A WinCC flexible egy operátori kezelőfelület készítésére alkalmas szoftver főként PLC rendszerekhez, mely képes OPC felületen keresztül érkező adatok segítségével is dinamikus grafikus felületeket biztosítani. Feladata az erőműblokkok üzemének grafikus szemléltetése grafikonok segítségével. Az alábbi ábrán egy olyan helyzet látható, amikor 4 blokk esetén a csúcsterhelésről a minimális terhelésre adott parancsot az elosztó modul.

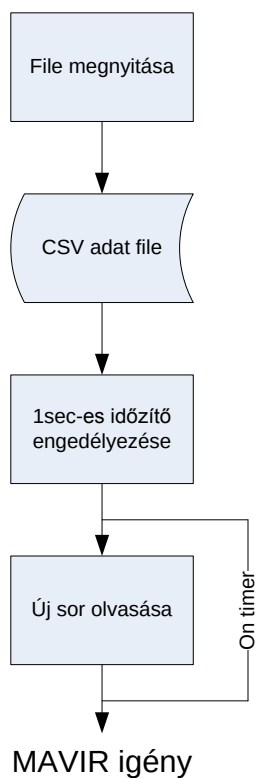


3.4. ábra: WinCC flexible felület a blokkok üzemmenetének megtekintéséhez

### 3.2.1.3 MAVIR igény szimuláció

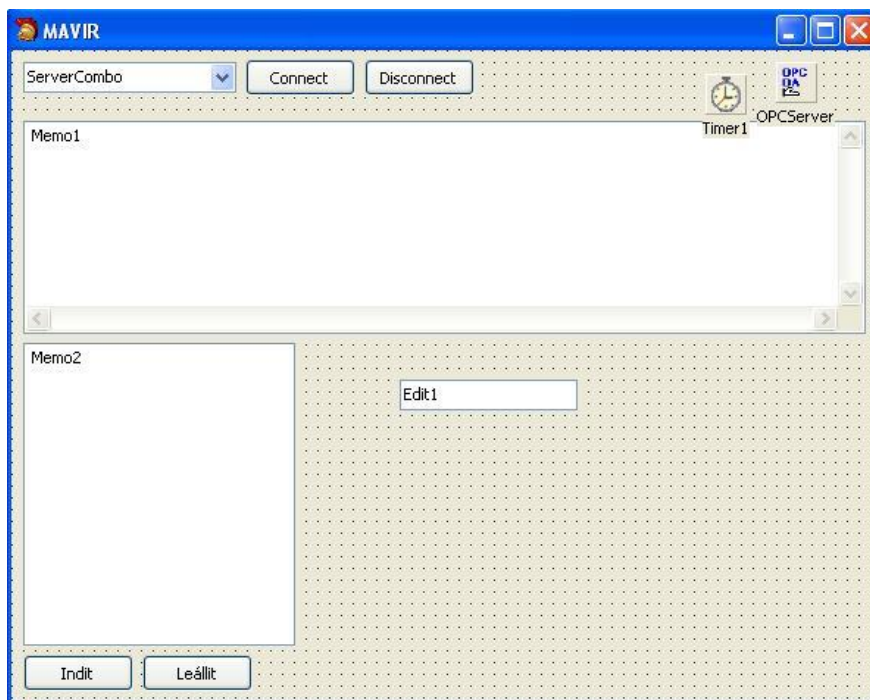
A MAVIR igény szimulátor feladata az, hogy a modellt ellássa olyan adatokkal, ami várhatóan a MAVIR-tól valós üzem közben érkezhethetne. Ezt az adatszolgáltatás során kapott adatok felhasználásával oldottam meg úgy, hogy az egyes blokkok 1 perces mintavételezett adatait összegeztem. Az eredményt CSV formátumú file-ba tároltam el. A szimulátor program a működése során ebből a file-ból olvassa ki másodpercenként a következő értéket és írja be azt az OPC szerver megfelelő változójába.

A program működésének folyamatábráját szemlélteti az alábbi ábra.



3.5. ábra: MAVIR igény szimuláció működési folyamatábrája

Az alábbi ábra a MAVIR szimulátor fejlesztőkörnyezetbeli felületét mutatja.

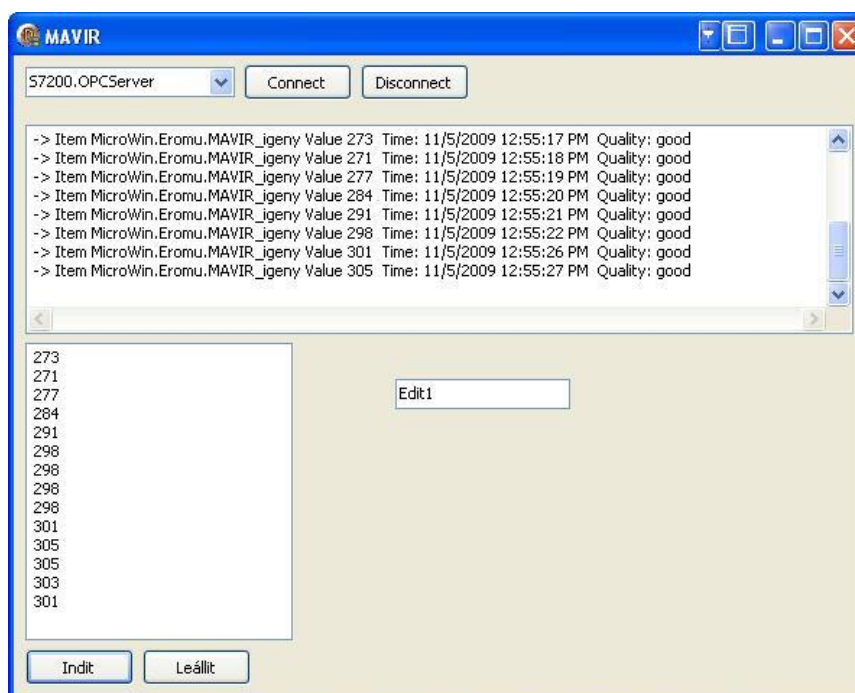


3.6. ábra: MAVIR szimulátor fejlesztőkörnyezetbeli felülete

A következőkben a programban felhasznált komponenseket és azok funkcióit ismertetem.

- Tbutton
  - bConnect: Connect – OPC kapcsolódás, konfigurálás
  - bDisconnect: Disconnect – OPC lekapcsolódás
  - Button1: Indít – Időzítő engedélyezése
  - Button2: Leállít – Időzítő tiltása
- TcomboBox
  - ServerCombo – OPC szerver választás
- Tmemo
  - Memo1 – Események megjelenítése
  - Memo2 – File-ből beolvasott értékek megjelenítése
- Tedit
  - Edit1 – tesztfunkciót látott el a fejlesztés során
- Ttimer
  - Timer1
- TdOPCServer
  - OPCServer

Az alábbi ábra a működés közbeni programot szemlélteti.



3.7. ábra: MAVIR szimulátor működés közben

A program használata során először ki kell választani az S7-200 OPC szervert, majd a Connect gombra kell kattintani a kapcsolódáshoz. Ezután az Indít gombra kattintással indíthatjuk el a beolvasási, az OPC tag írási folyamatot. Ezt a folyamatot a Leállít gomb megnyomásával állíthatjuk le. Ilyenkor az Indít nyomógomb újbóli megnyomása az

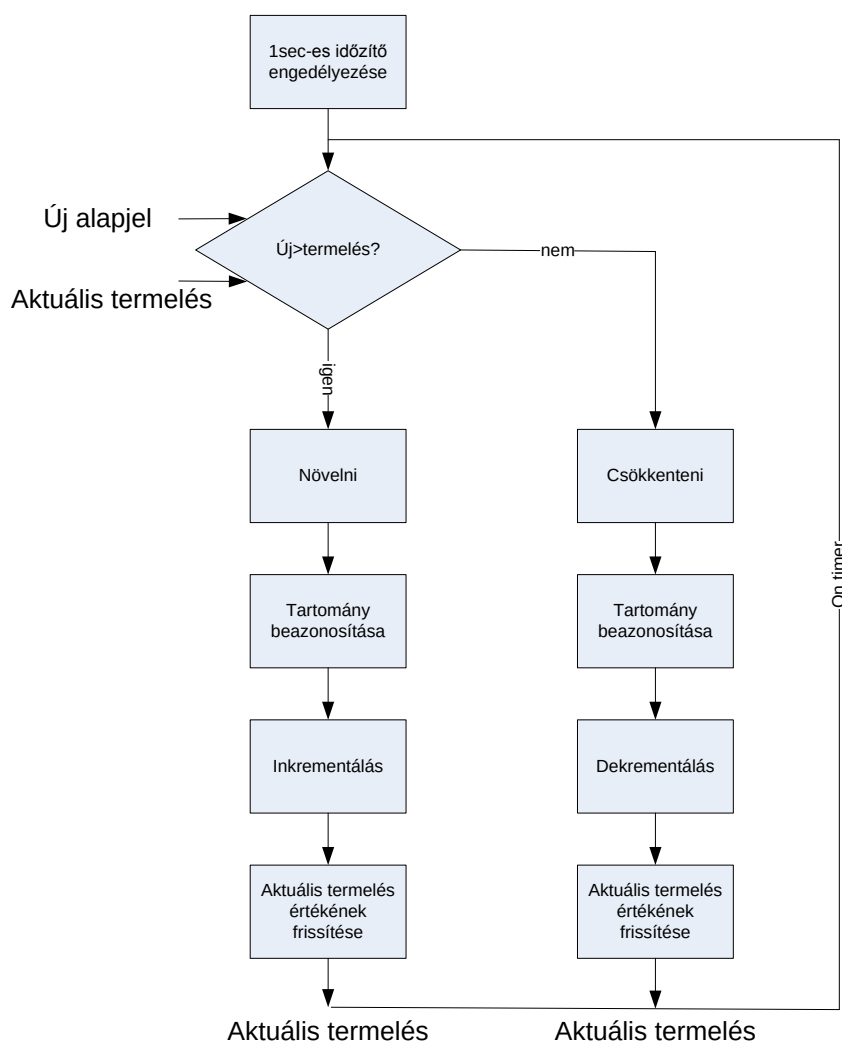
olvasási, írási folyamat folytatását jelenti arról a pontról, ahol leállítottuk a folyamatot. Az OPC szerverről a Disconnect gomb segítségével lehet lecsatlakozni.

A modell MAVIR szimulátor moduljának a forráskódja a 9.4. mellékletben kerül bemutatásra.

#### 3.2.1.4 Blokk szimuláció

A blokk szimulátor feladata az, hogy az erőmű blokkjainak működését, a terhelés változását szimulálja. A modul az OPC szerverből olvassa a blokkok szabályozóinak alapjelét és az aktuális termelési értékeket, elvégzi a szükséges számításokat, majd visszaírja a szerverbe az új aktuális termelési értékeket.

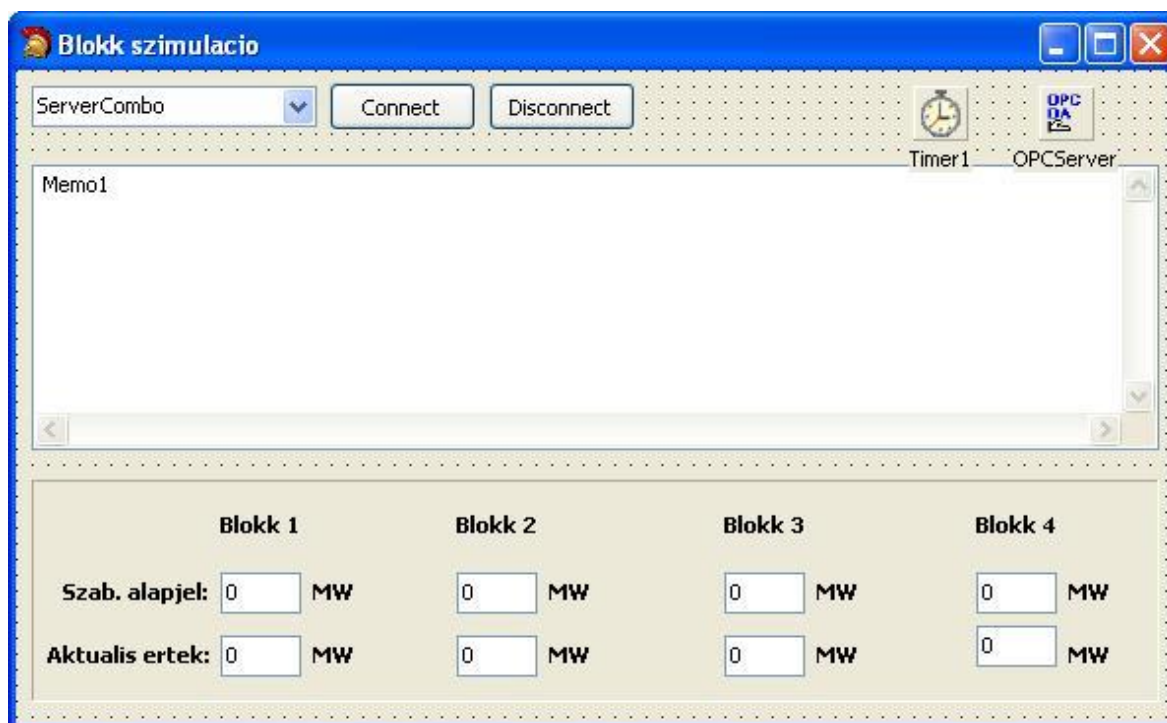
A program működésének folyamatábráját szemlélteti az alábbi ábra.



3.8. ábra: Blokk szimuláció működési folyamatábrája



Az alábbi ábra a blokk szimulátor fejlesztőkörnyezetbeli felületét mutatja.



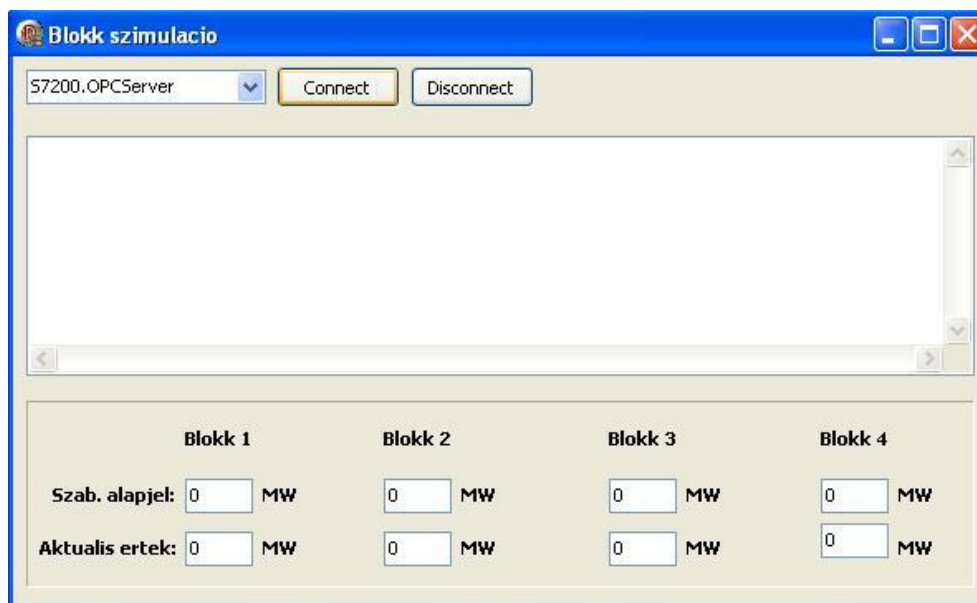
3.9. ábra: Blokk szimulátor fejlesztőkörnyezetbeli felülete

A következőkben a programban felhasznált komponenseket és azok funkcióit ismertetem.

- Tbutton
  - bConnect: Connect – OPC kapcsolódás, konfigurálás
  - bDisconnect: Disconnect – OPC lekapcsolódás
- TcomboBox
  - ServerCombo – OPC szerver választás
- Tmemo
  - Memo1 – Események megjelenítése
- Tedit
  - 8 db – értékek megjelenítése
- Ttimer
  - Timer1
- TdOPCServer
  - OPCServer
- Tpanel
  - Panel – Design elem
- Tlabel
  - 14 db – Statikus szöveg megjelenítése

Az alábbi ábra a működés közbeni programot szemlélteti.



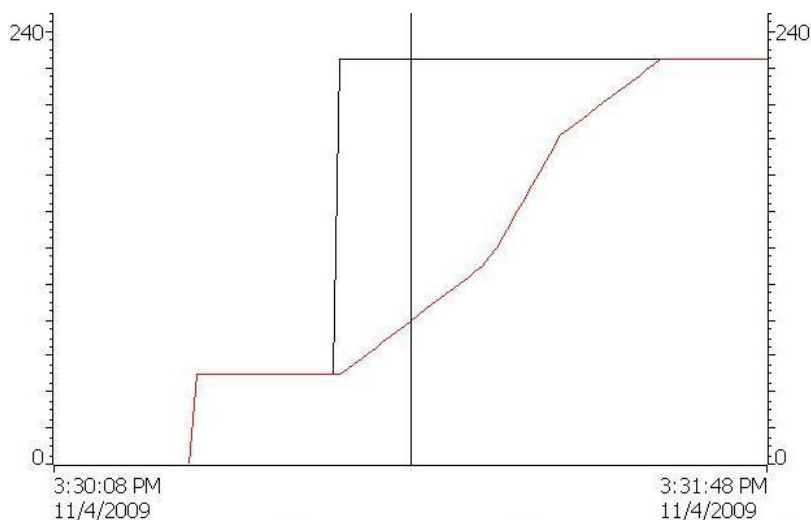


3.10. ábra: Blokk szimulátor működés közben

A program használata során először ki kell választani az S7-200 OPC szervert, majd a Connect gombra kell kattintani a kapcsolódáshoz. A program ezután automatikusan teszi a dolgát. Az OPC szerverről a Disconnect gomb segítségével lehet lecsatlakozni.

A modell blokk szimulátor moduljának a forráskódja a 9.5. mellékletben kerül bemutatásra.

Az alábbi ábra egy olyan esetet szemléltet, ahol az 50MW-os minimális terhelésről adtunk ki parancsot a maximális 225MW-os terhelésre. Az ábrán jól láthatóak a különböző meredekségű szakaszok.

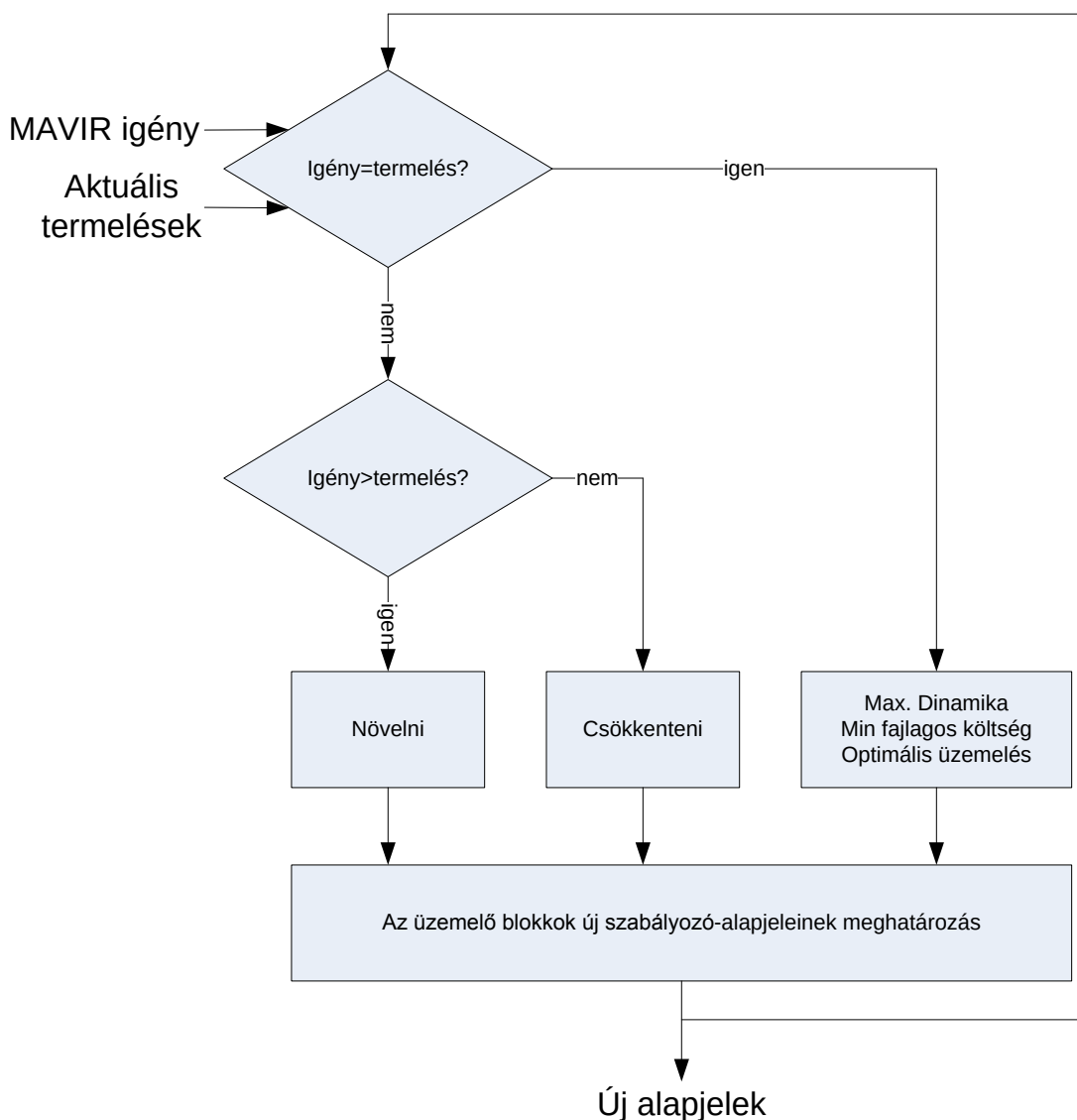


3.11. ábra: Blokk szimulátor működésének eredménye terhelésnöveléskor

### 3.2.1.5 Terhelés elosztó

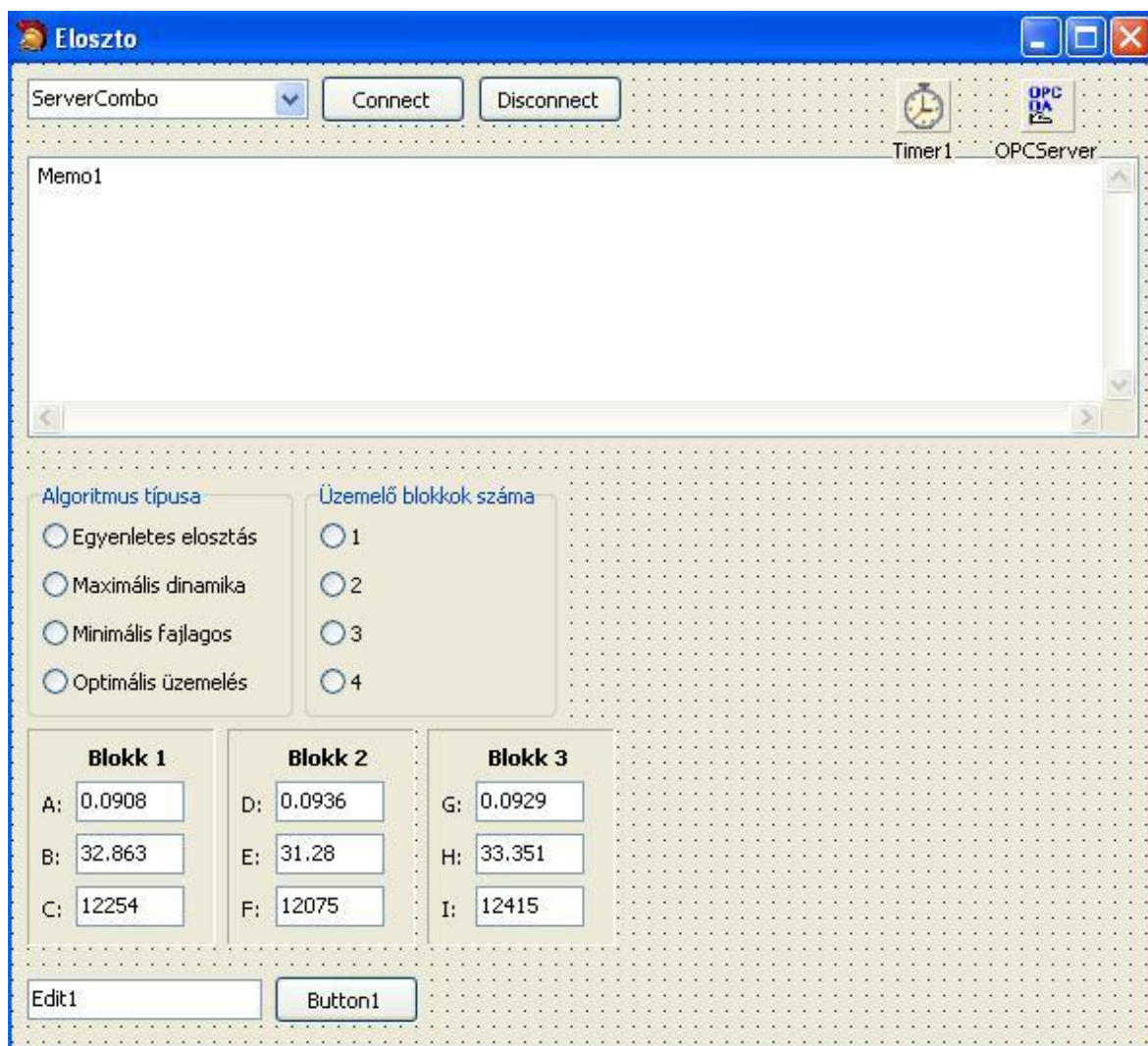
A terhelés elosztó feladata az, hogy az erőmű üzemelő blokkjai között a kívánt algoritmus szerint elossza a terhelést. A modul az OPC szerverből olvassa ki a blokkok aktuális termelési értékeit, a MAVIR igényt, elvégzi a szükséges számításokat, majd visszaírja a szerverbe az új szabályozó-alapjel értékeket.

A program működésének folyamatábráját szemlélteti az alábbi ábra, amin jól látható, hogy a megoldásaim akkor kerülnek alkalmazásra, ha nem szükséges a blokkoknak a MAVIR igényelte terhelésváltoztatásokat végrehajtani, azaz állandó terhelésen üzemel az erőmű.



3.12. ábra: Terhelés elosztó működési folyamatábrája

Az alábbi ábra a terhelés elosztó fejlesztőkörnyezeti felületét mutatja.



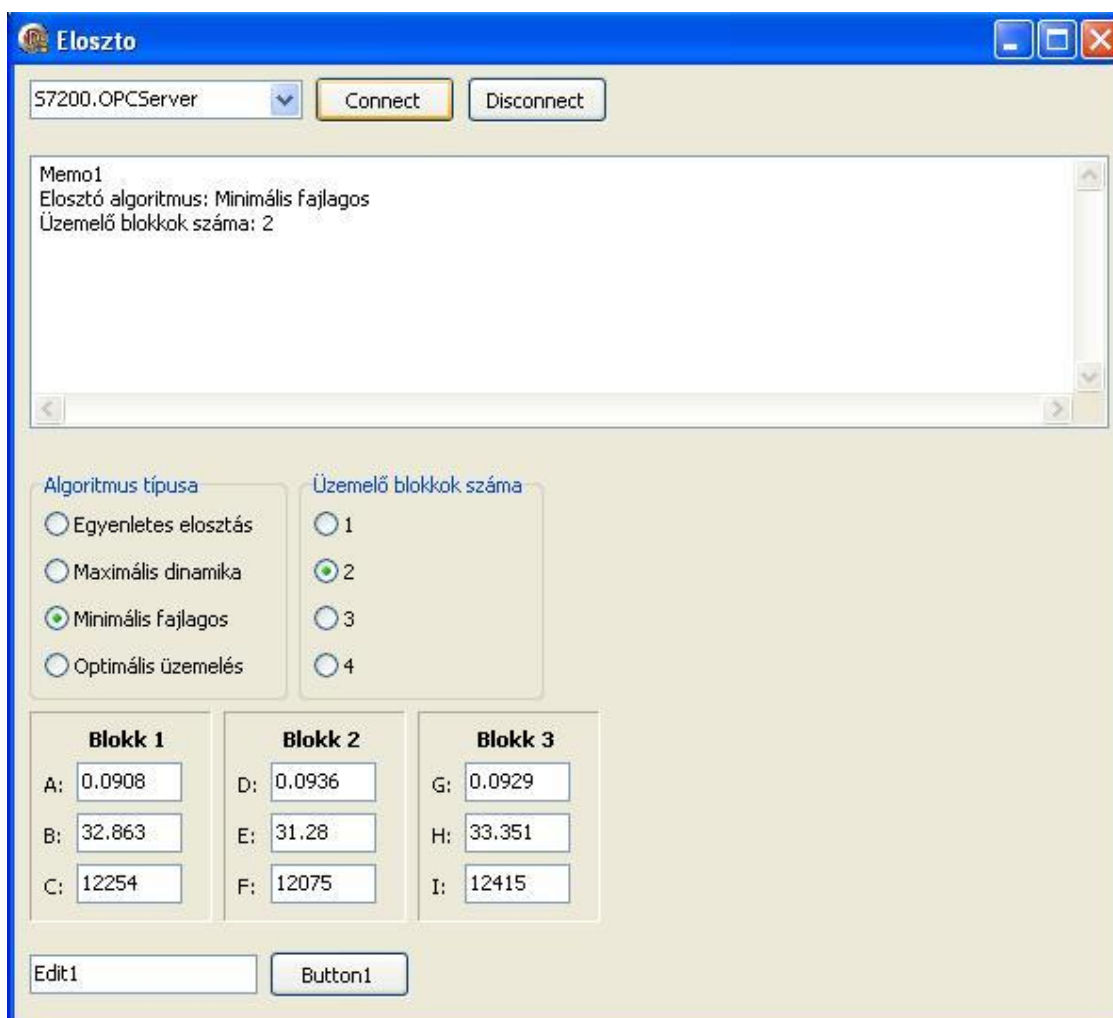
3.13. ábra: Terhelés elosztó fejlesztőkörnyezeti felülete

A következőkben a programban felhasznált komponenseket és azok funkcióit ismertetem.

- Tbutton
  - bConnect: Connect – OPC kapcsolódás, konfigurálás
  - bDisconnect: Disconnect – OPC lekapcsolódás
  - Button1 – kézi tesztelés során használt
- TcomboBox
  - ServerCombo – OPC szerver választás
- Tmemo
  - Memo1 – Események megjelenítése
- Tedit

- 9 db – Fajlagos karakterisztikák paramétereinek beviteléhez felület
  - Edit1 – beviteli mező kézi teszteléshez
- Ttimer
  - Timer1
- TdOPCServer
  - OPCServer
- Tpanel
  - 3 db Panel – Dizájn elem
- Tlabel
  - 12 db – Statikus szöveg megjelenítése
- TradioGroup
  - RadioGroup1 – Elosztó algoritmus kiválasztása
  - RadioGroup2 – Üzemelő blokkok számának kiválasztása

Az alábbi ábra a működés közbeni programot szemlélteti.



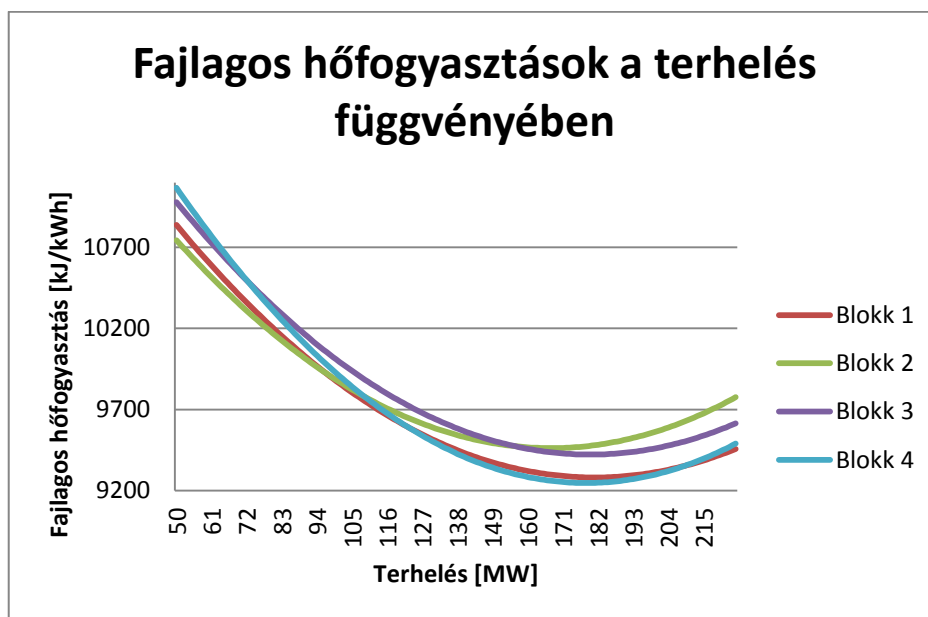
3.14. ábra: Terhelés elosztó működés közben

A modell terhelés elosztó moduljának a forráskódja a 9.6. mellékletben kerül bemutatásra.

### 3.2.2 A hatásfok növelése célú terheléelosztás kidolgozása

Egy erőműben a hatásfok elsősorban a technológia fejlesztésével, módosításával, korszerűsítésével oldható meg. Amennyiben ezen módosításoktól eltekintünk, akkor a blokkok munkapontjának változtatásával tudunk hatásfok növekedést elérni. A hatásfokot most úgy értelmezzük, hogy egységnyi tüzelőanyag felhasználásával mekkora teljesítmény állítható elő. A hatásfoknövelés érdekében növelni kellene tudni az egységnyi tüzelőanyaggal előállított teljesítményt. Ezt értelmezhetjük úgy, hogy az egységnyi teljesítményt próbáljuk minél kevesebb tüzelőanyag felhasználásával előállítani, azaz minél olcsóbban.

Az alábbi ábrán az erőmű négy blokkjának a fajlagos hőfogyasztási (a későbbiekben fajlagos) görbéi láthatóak. A blokk a minimális terhelésről felterhelve alacsonyabb fajlagossal tud termelni egy minimum pontig, ahonnan a terhelés további növelésével emelkedni fog a fajlagos is. Ezek a minimumok más-más terhelési szintnél jelennek meg az egyes blokkoknál.

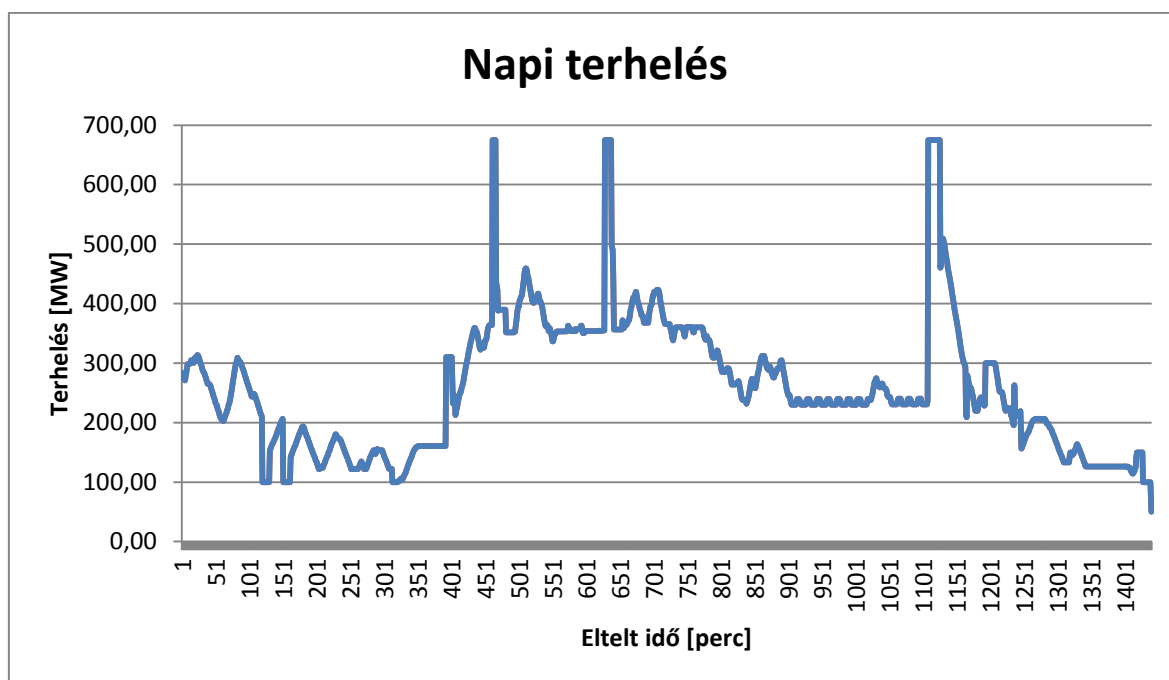


3.15. ábra: Fajlagos hőfogyasztások a terhelés függvényében

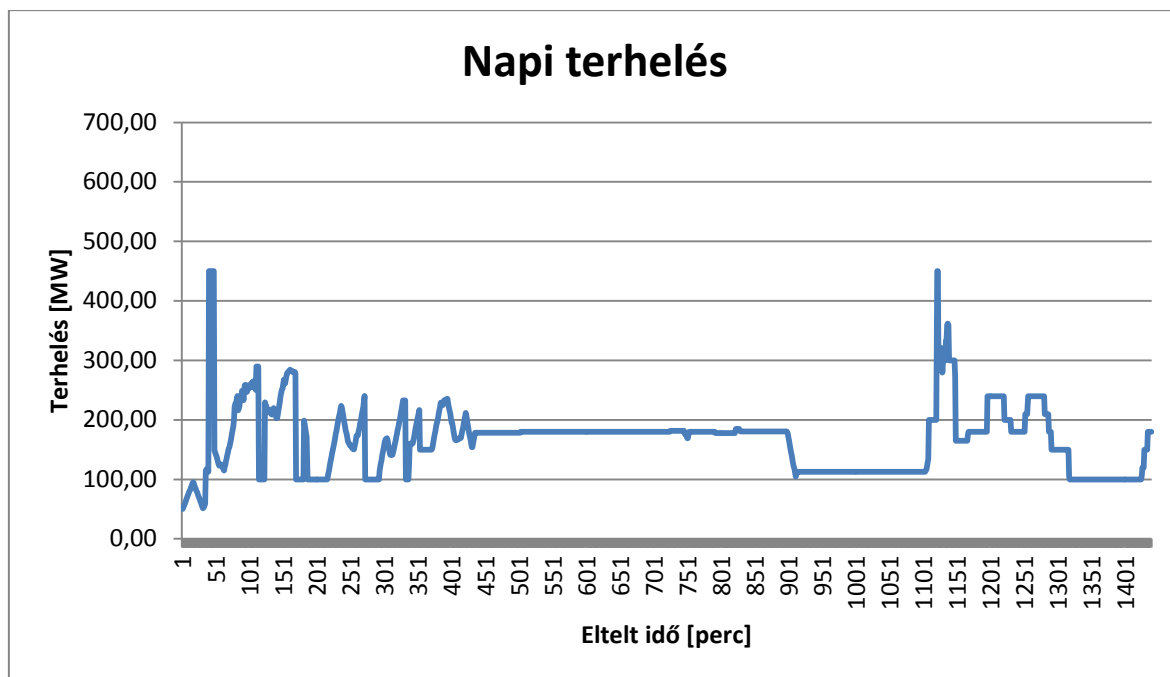
A fenti fajlagos görbéket adó másodfokú egyenletek együtthatóit adatszolgáltatásként kaptam meg a vizsgálatokhoz. Az egyes görbék paraméterei akár hónapról-hónapra változnak, ezért tettem azokat állíthatóvá a korábban bemutatott terhelés elosztó modul kezelőfelületén.

A nemzetközi szakirodalom alapján én is elkészítettem egy minimális fajlagos költséget adó algoritmust, de ezt csak amiatt, hogy a maximális dinamikájú felterhelést lehetővé tevő módszerem javaslatait össze lehessen vetni a gazdasági optimummal is.

A terheléelosztási algoritmusokat úgy kell kialakítani, hogy elsődlegesen fel- és leterhelést kell megvalósítaniuk. Tehát, ha a MAVIR által egy olyan igény érkezik, ami az összerhelés változtatásával jár, akkor minden üzemelő blokkal azonnal az igény kielégítésére kell törekedni. Amennyiben nincsen változtatási igény, akkor lehet optimalizálni, munkapontokat tologatni a következő változtatási igény bekövetkeztéig. Az alábbi két ábra egy-egy 24 órás időintervallumot szemléltet. A második ábrán szereplő nap láthatóan egy nyugodtabb nap volt, amely jó lehetőséget biztosít a munkapontok módosítására, mivel órákig nem volt terhelésváltoztatási igény.



3.16. ábra: Napi terhelési görbe, 1. példa



3.17. ábra: Napi terhelési görbe, 2. példa

A továbbiakban megmutatom, hogy hogyan kaphatjuk meg a minimális fajlagos hőfogyasztást, azaz minimális fajlagos költséget eredményező munkapontokat két- illetve három-blokkos esetre. Egy blokk esetében ugye nem tudunk min módosítani. Négy blokk esetre pedig nem végeztem el a vizsgálatokat, mivel a négy-blokkos üzem nem jellemző a vizsgált erőműben és nem igényelte a megbízó.

### 3.2.2.1 Minimális fajlagos meghatározása két blokkra

Először meggyőződtem arról, hogy van-e értelme a módszernek, miszerint az egyenlő elosztáshoz képest léteznek alacsonyabb össz fajlagosú munkapontok is. Tekintsük az alábbi táblázatot.

3.1. táblázat: Munkapontok eltolásának hatása a fajlagosra, két blokk esetén

| 1-es blokk [MW] | 2-es blokk [MW] | 1-es fajlagos [kJ/kWh] | 2-es fajlagos [kJ/kWh] | Össz fajlagos [kJ/kWh] |
|-----------------|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 150             | 150             | 9367,55                | 9489                   | 18856,55               |
| 149             | 151             | 9373,2638              | 9485,8936              | 18859,1574             |
| 148             | 152             | 9379,1592              | 9482,9744              | 18862,1336             |
| 151             | 149             | 9362,0178              | 9492,2936              | 18854,3114             |
| 152             | 148             | 9356,6672              | 9495,7744              | 18852,4416             |

Látható, hogy az egyenlő elosztást kétféleképpen kezdtem széthúzni. Az egyes blokk terhelésének a csökkentése a kettes blokk terhelésének növelését vonja magával, ekkor az össz fajlagosunk növekedni kezdett. Ha fordítva húztam szét, azaz az egyes blokkot növeltem és a kettest csökkentettem, akkor az össz fajlagosunk csökkenni kezdett.

Az a célunk, hogy a fajlagos görbék paramétereinek felhasználásával megtaláljuk a görbék azon pontjait, ahol az össz fajlagos minimális lesz.

$$A * x^2 - B * x + C \quad (3.1)$$

$$D * y^2 - E * y + F \quad (3.2)$$

$$f(x) = A * x^2 - B * x + C + D * y^2 - E * y + F \quad (3.3)$$

$$igény = x + y \rightarrow y = igény - x \quad (3.4)$$

Ahol,

- A, B, C, D, E, F: a fajlagos görbék együtthatói,
- x: az első blokk keresett munkapontja,
- y: a második blokk keresett munkapontja,
- f(x): össz fajlagos,
- igény: a kívánt összteljesítmény.

$$f(x) = A * x^2 - B * x + C + D(igény - x)^2 - E(igény - x) + F \quad (3.5)$$

$$f(x) = (A + D)x^2 - (B + 2 * D * igény - E)x + C + D * igény^2 - E * igény + F \quad (3.6)$$

$$f'(x) = 2(A + D)x - B - 2 * D * igény + E \quad (3.7)$$

$$x = \frac{B + 2 * D * igény - E}{2(A + D)} \quad (3.8)$$

A fenti táblázatos esethez visszatérve a képlet alkalmazásával az alábbiakat kapjuk, ha az egyes és a kettes blokk üzemel:

$$igény = 300 \text{ MW} \quad (3.9)$$

$$A = 0,0908; B = 32,863; C = 12254 \quad (3.10)$$



$$D = 0,0936; E = 31,28; F = 12075 \quad (3.11)$$

$$x = \frac{B+2*D*igény-E}{2(A+D)} = \frac{32,863+2*0,0936*300-31,28}{2(0,0908+0,0936)} = \frac{57,743}{0,3688} = 156,5699 = 157 \text{ MW} \quad (3.12)$$

$$y = igény - x = 300 - 157 = 143 \text{ MW} \quad (3.13)$$

Az ehhez tartozó kidolgozott kódrész a 9.7. mellékletben található. Az algoritmus először veszi a szabályozók aktuális alapjeleinek összegét, majd képezi annak a MAVIR igénnyel való különbségét. Ezen számításokról a felhasználó is értesül, majd egy változót hamisra állítunk (kész) ami a fel- vagy leterhelés folyamatát jelzi. Ezután következnek a blokkok együttes fel- és leterheléséhez szükséges komparálások, számítások. Ha már nincs terhelésváltoztatási igény, akkor optimalizáló módba tudunk lépni. Kiszámításra kerülnek az x és y munkapontok. Ezután egy ellenőrzés következik, hogy a munkapontok a blokkok működési tartományaiba esnek-e. Amennyiben nem, akkor arról a felhasználó értesül.

### 3.2.2.2 Minimális fajlagos meghatározása három blokkra

Ekkor az alábbi egyenletekből indulunk ki:

$$f_1(x) = A * x^2 - B * x + C \quad (3.14)$$

$$f_2(y) = D * y^2 - E * y + F \quad (3.15)$$

$$f_3(z) = G * z^2 - H * z + I \quad (3.16)$$

$$f(x) = A * x^2 - B * x + C + D * y^2 - E * y + F + G * z^2 - H * z + I \quad (3.17)$$

$$igény = x + y + z \quad (3.18)$$

Ahol,

- $f_1(x)$ ,  $f_2(y)$ ,  $f_3(z)$ : fajlagos görbék,
- A, B, C, D, E, F, G, H, I: a fajlagos görbék együtthatói,
- x: az első blokk keresett munkapontja,
- y: a második blokk keresett munkapontja,
- z: a harmadik blokk keresett munkapontja,
- $f(x)$ : össz fajlagos,
- igény: a kívánt összteljesítmény.

Vegyük az egyes görbék deriváltjait:

$$f'_1(x) = 2 * A * x - B \quad (3.19)$$

$$f'_2(y) = 2 * D * y - E \quad (3.20)$$

$$f'_3(z) = 2 * G * z - H \quad (3.21)$$

Legyen

$$f'_1(x) = f'_2(y) \quad (3.22)$$

$$2 * A * x - B = 2 * D * y - E \quad (3.23)$$

$$y = \frac{2 * A * x - B + E}{2 * D} \quad (3.24)$$

Legyen

$$f'_1(x) = f'_3(z) \quad (3.25)$$

$$2 * A * x - B = 2 * G * z - H \quad (3.26)$$

$$z = \frac{2 * A * x - B + H}{2 * G} \quad (3.27)$$

Ekkor

$$igény = x + y + z = x + \frac{2 * A * x - B + E}{2 * D} + \frac{2 * A * x - B + H}{2 * G} \quad (3.28)$$

$$x = \frac{igény - \frac{E-B}{2*D} - \frac{H-B}{2*G}}{1 + \frac{A}{D} + \frac{A}{G}} \quad (3.29)$$

Tekintsünk egy olyan esetet, amikor három blokk üzemel:

$$igény = 400 \text{ MW} \quad (3.30)$$

$$A = 0,0908; B = 32,863; C = 12254 \quad (3.31)$$

$$D = 0,0936; E = 31,28; F = 12075 \quad (3.32)$$

$$G = 0,0929; H = 33,351; I = 12415 \quad (3.33)$$

$$x = \frac{igénny - \frac{E-B}{2*D} - \frac{H-B}{2*G}}{1 + \frac{A}{D} + \frac{A}{G}} = \frac{400 - \frac{31,28-32,863}{2*0,0936} - \frac{33,351-32,863}{2*0,0929}}{1 + \frac{0,0908}{0,0936} + \frac{0,0908}{0,0929}} = \frac{400 - \frac{-1,583}{0,1872} - \frac{0,488}{0,1858}}{1 + 0,97 + 0,9774} = \frac{400 + 8,4562 - 2,6265}{1 + 0,97 + 0,9774} = \frac{405,8297}{2,9474} = 137,6907 = 138 \text{ MW (3.34)}$$

$$y = \frac{2*A*x - B + E}{2*D} = \frac{2*0,0908*137,6907 - 32,863 + 31,28}{2*0,0936} = \frac{23,4216}{0,1872} = 125,1154 = 125 \text{ MW (3.35)}$$

$$z = \frac{2*A*x - B + H}{2*G} = \frac{2*0,0908*137,6907 - 32,863 + 33,351}{2*0,0929} = \frac{25,4926}{0,1858} = 137,2046 = 137 \text{ MW (3.36)}$$

Ekkor az össz fajlagos értékünk 28665,1543 szemben az egyenlő elosztás (2\*133 MW + 134 MW) 28673,911 értékével.

Az ehhez tartozó kidolgozott kódrész a 9.8. mellékletben található. A fenti algoritmus először veszi a szabályozók aktuális alapjeleinek összegét, majd képezi annak a MAVIR igénnyel való különbségét. Ezen számításokról a felhasználó is értesül, majd egy változót hamisra állítunk (kész) ami a fel- vagy leterhelés folyamatát jelzi. Ezután következnek a blokkok együttes fel- és leterheléséhez szükséges komparálások, számítások. Ha már nincs terhelésváltoztatási igény, akkor optimalizáló módba tudunk lépni. Kiszámításra kerülnek az x, y és z munkapontok. Ezután egy ellenőrzés következik, hogy a munkapontok a blokkok működési tartományaiba esnek-e. Amennyiben nem, akkor arról a felhasználó értesül.

Az előzőekben a két- és három-blokkos esetre meghatározott munkapont-meghatározó képletek alkalmazása bizonyos esetekben olyan eredményt ad, hogy a javasolt munkapont kívül esik a blokk 50-225 MW-os terhelési tartományán. Ennek az az oka, hogy a görbék paramétereivel való számítás alapján ott lenne a fajlagos értéke minimális. Ebben az esetben a bemutatott algoritmus eredménye egy online rendszer esetében nem kerülhet elfogadásra és továbbításra a szabályozó alapjeleként. Itt egy algoritmus módosítási javaslattal kívánok élni és az optimális üzemeltetési célú terhelés elosztáshoz alkalmassá tenni a hatásfok növelése célú terhelés elosztási módszert.

Vizsgáljuk meg két-blokkos esetben a javasolt munkapontokat, ha az erőmű 1-es és 2-es blokkjának fajlagos görbét vesszük figyelembe.

3.2. táblázat: Javaslatok a munkapontokra, minimális fajlagoshoz, két blokk esetén

| IGENY | TERMELES |          |
|-------|----------|----------|
|       | B1       | B2       |
|       | X        | Y        |
| 100   | 55,0515  | 44,9485  |
| 101   | 55,5591  | 45,4409  |
| 102   | 56,0667  | 45,9333  |
| 103   | 56,5743  | 46,4257  |
| 104   | 57,0819  | 46,9181  |
| 105   | 57,5895  | 47,4105  |
| 106   | 58,0971  | 47,9029  |
| 107   | 58,6047  | 48,3953  |
| 108   | 59,1123  | 48,8877  |
| 109   | 59,6198  | 49,3802  |
| 110   | 60,1274  | 49,8726  |
| 111   | 60,6350  | 50,3650  |
| 435   | 225,0949 | 209,9051 |
| 436   | 225,6025 | 210,3975 |
| 437   | 226,1101 | 210,8899 |
| 438   | 226,6177 | 211,3823 |
| 439   | 227,1253 | 211,8747 |
| 440   | 227,6329 | 212,3671 |
| 441   | 228,1405 | 212,8595 |
| 442   | 228,6480 | 213,3520 |
| 443   | 229,1556 | 213,8444 |
| 444   | 229,6632 | 214,3368 |
| 445   | 230,1708 | 214,8292 |
| 446   | 230,6784 | 215,3216 |
| 447   | 231,1860 | 215,8140 |
| 448   | 231,6936 | 216,3064 |
| 449   | 232,2012 | 216,7988 |
| 450   | 232,7088 | 217,2912 |

A fenti táblázatban pirossal kiemelve látható, hogy a 100-110 MW és 436-450 MW tartományok esetében az optimális munkapont kívül esik a blokk üzemi tartományán.

A tartományokon kívüli optimum pontok az adott blokkok fajlagos karakterisztikájától függenek. Az alábbi táblázatban az erőmű 1-es és 3-as blokkjainak üzemelése esetén a piros szemlélteti a kritikus pontokat. Természetesen három-blokkos esetben is előfordulnak ezek a tartományon kívül eső optimum pontok.

3.3. táblázat: Javaslatok a munkapontokra, minimális fajlagoshoz, két másik blokk esetén

| IGENY | TERMELES |          |
|-------|----------|----------|
|       | B1       | B3       |
|       | X        | Y        |
| 100   | 49,2433  | 50,7567  |
| 101   | 49,7490  | 51,2510  |
| 102   | 50,2548  | 51,7452  |
| 447   | 224,7267 | 222,2733 |
| 448   | 225,2324 | 222,7676 |
| 449   | 225,7382 | 223,2618 |
| 450   | 226,2439 | 223,7561 |

A blokkok üzemelési tartományán kívülre eső munkapontokat úgy lehet kiküszöbölni, hogy figyelembe vesszük a termelési egységek alsó és felső termelési határát, amint az az alábbi formulában is látható.

$$\min C_T(P_i)$$

$$\sum P_i = P_d \quad (3.37)$$

$$P_{Li} \leq P_i \leq P_{Ui}$$

Ahol,

- $C_T$ : költségfüggvény,
- $P_d$ : a teljesítményigény,
- $\sum P_i$ : az egyes termelőegységek termelésének összege,
- $P_{Li}$  és  $P_{Ui}$ : az egyes termelőegységek alsó és felső termelési határa.

A továbbiakban bemutatom, hogy lehet két- illetve háromblokkos esetben megtalálni az optimális üzemelés munkapontjait. A legegyszerűbb megoldás, ha egy olyan algoritmust készítünk, ami végigmegy az összes lehetőségen és folyamatosan frissíti a minimum paramétereit, ha olyat talál. Ez egy klasszikus minimumkeresési eljárás. Egy mai átlagosnak mondható számítógépen is 1 másodpercen belül megkapjuk az optimális munkapontokat ezzel a próbálgatásos módszerrel, tehát egy ilyen megoldás valós üzemi körülmények között is alkalmazható, mivel nem elvárás a valós idejű működés. A javasolt két algoritmust a 9.9. és 9.10. mellékletekben szerepeltetem. Az algoritmus először veszi a

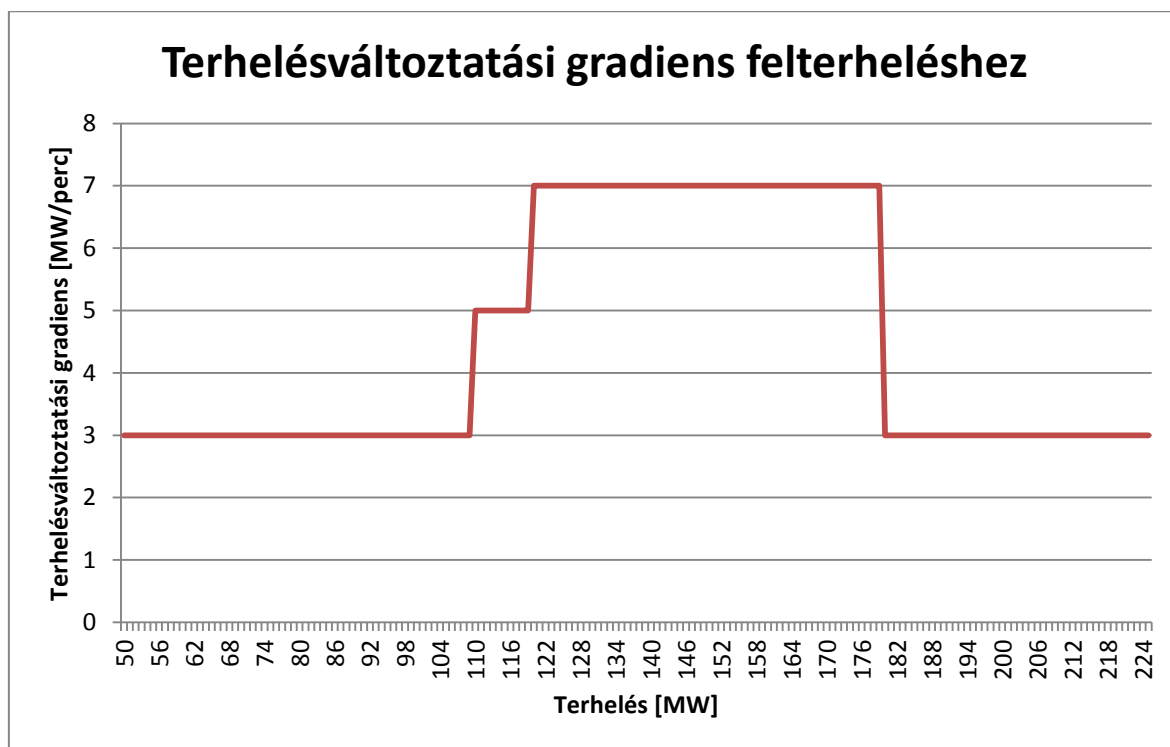
szabályozók aktuális alapjeleinek összegét, majd képezi annak a MAVIR igénytel való különbségét. Ezután egy változót hamisra állítunk (kész) ami a fel- vagy leterhelés folyamatát jelzi. Ezután következnek a blokkok együttes fel- és leterheléséhez szükséges komparálások, számítások. Ha már nincs terhelésváltoztatási igény, akkor optimalizáló módba tudunk lépni. Kiszámításra kerülnek az optimális munkapontok melyekről a felhasználó is értesül és beírásra kerül az OPC szerver megfelelő változóiba.

### **3.2.3 A dinamika növelése célú terheléelosztás kidolgozása**

A maximális dinamikájú terheléelosztás kidolgozása során először is meg kellett határozni, hogy mit is érthetünk maximális dinamika alatt, mi lehet a célja az elosztásnak. Egy terhelésnövekedési igény fellépése során az üzemelő blokkok mindegyike felfelé indul el, ami MAVIR elvárás. Az elosztás során meg kell határozni a blokkok új munkapontját. A munkapontok összegének ki kell adni a kívánt MAVIR igényt úgy, hogy az maximális dinamikától elvárt célt is kielégítse. Az egyik ilyen lehetséges cél, az hogy a felterhelés megindulásakor a lehető legtovább tartson az adott terhelés-sávban elérhető, maximális dinamikájú szakaszon történő mozgás. Továbbá, ha lehetőség van nagyobb meredekségű szakaszra lépni, akkor az az elérendő cél, illetve ha a terhelés növekedésével egy alacsonyabb meredekségű szakaszra jutnánk, akkor azt próbáljuk minél később elérni. Ezek alapján fogom bemutatni a lehetőségeket a továbbiakban. Látni fogjuk, hogy a munkapontok széthúzásával, összehúzásával tudjuk manipulálni a dinamikai tartalékunkat. Ekkor előfordulhat olyan, hogy a dinamikai tartalék növelése során a csúcsterhelés elérésének az idejét is növelhetjük, aminek a csökkentése is lehetne egy másik cél. A vizsgálatok során én azt a célt választottam, hogy ha egy terhelésnövekedési igény lép fel, akkor minél hamarabb, minél jelentősebb terhelésnövekedést tudjon véghezvinni a rendszer. Ezt azért tartottam fontosnak, mert egy esetleges üzemzavar miatt, ha az erőműtől a terhelés növelését kérik, akkor azt minél hamarabb, minél nagyobb mértékben teljesíteni tudja. Erre a fejezet bevezetésében példaként hozott 2003-as magyarországi üzemzavar is jó alapot szolgáltat.

A továbbiakban két, majd három üzemelő blokk esetére mutatom be a javasolt terheléelosztási lehetőségeket.

A maximális dinamikájú terheléelosztás kidolgozása során, az alábbi ábrán látható felterhelési gradiens görbét vettem figyelembe, mivel a MAVIR is ezt kérheti számon.



3.18. ábra: Terhelésváltoztatási gradiens felterheléshez

A fenti görbe paramétereit tartalmazza az alábbi táblázat.

3.4. táblázat: Felterhelési gradiens szakaszok

| Alsó határ [MW] | Felső határ [MW] | Meredekség [MW/perc] |
|-----------------|------------------|----------------------|
| 50              | 109              | 3                    |
| 110             | 119              | 5                    |
| 120             | 179              | 7                    |
| 180             | 225              | 3                    |

### 3.2.3.1 A maximális dinamikát biztosító stratégia két blokkra

Az alábbi táblázat szemlélteti, hogy két üzemelő blokk esetében az egyes blokkok munkapontjai milyen szakaszokon helyezkedhetnek el és hogy ezen kombinációk milyen teljesítmény tartományokkal, mekkora összmereedséggel rendelkezhetnek.

3.5. táblázat: Szakasz kombinációk felterheléshez, két blokkra

| Eset | B1 grad.<br>[MW/perc] | B2 grad.<br>[MW/perc] | B1<br>alsó<br>[MW] | B1<br>felső<br>[MW] | B2<br>alsó<br>[MW] | B2<br>felső<br>[MW] | Össz<br>alsó<br>[MW] | Össz<br>felső<br>[MW] | Össz grad.<br>[MW/perc] |
|------|-----------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|
| 1.   | 3                     | 3                     | 50                 | 109                 | 50                 | 109                 | 100                  | 218                   | 6                       |
| 2.   | 3                     | 5                     | 50                 | 109                 | 110                | 119                 | 160                  | 228                   | 8                       |
| 3.   | 3                     | 7                     | 50                 | 109                 | 120                | 179                 | 170                  | 288                   | 10                      |
| 4.   | 3                     | 3                     | 50                 | 109                 | 180                | 225                 | 230                  | 334                   | 6                       |
| 5.   | 5                     | 5                     | 110                | 119                 | 110                | 119                 | 220                  | 238                   | 10                      |
| 6.   | 5                     | 7                     | 110                | 119                 | 120                | 179                 | 230                  | 298                   | 12                      |
| 7.   | 5                     | 3                     | 110                | 119                 | 180                | 225                 | 290                  | 344                   | 8                       |
| 8.   | 7                     | 7                     | 120                | 179                 | 120                | 179                 | 240                  | 358                   | 14                      |
| 9.   | 7                     | 3                     | 120                | 179                 | 180                | 225                 | 300                  | 404                   | 10                      |
| 10.  | 3                     | 3                     | 180                | 225                 | 180                | 225                 | 360                  | 450                   | 6                       |

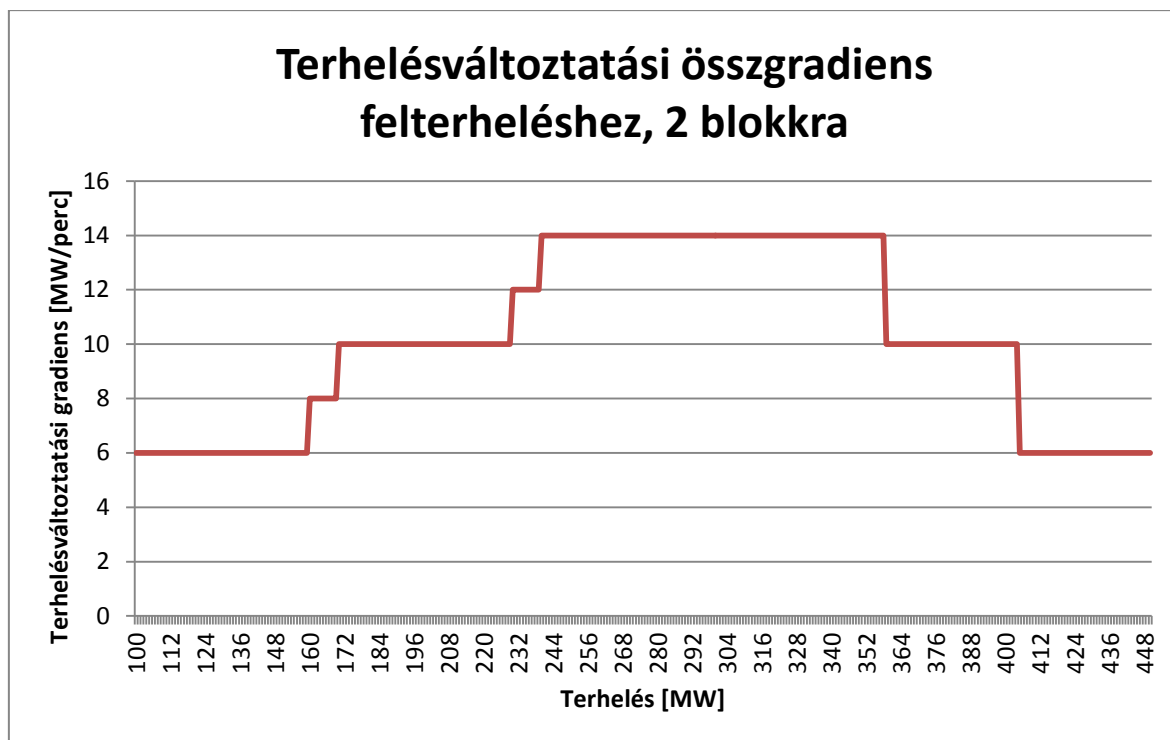
A fenti tartományokat összevontam úgy, hogy az újonnan meghatározott tartományok maximális gradiens meredekséggel, azaz maximális dinamikai tartalékkal rendelkezzenek. Ezeknek a tartományoknak a paramétereit az alábbi táblázatban foglaltam össze.

3.6. táblázat: Összevont tartományok felterheléshez, két blokkra

| Eset | Tartomány<br>alja [MW] | Tartomány<br>teteje [MW] | Gradiens<br>[MW/perc] |
|------|------------------------|--------------------------|-----------------------|
| 1.   | 100                    | 159                      | 6                     |
| 2.   | 160                    | 169                      | 8                     |
| 3.   | 170                    | 229                      | 10                    |
| 4.   | 230                    | 239                      | 12                    |
| 5.   | 240                    | 358                      | 14                    |
| 6.   | 359                    | 404                      | 10                    |
| 7.   | 405                    | 450                      | 6                     |

A fenti táblázat adatait szemlélteti az alábbi ábra. A továbbiakban egyesével mutatom be a fenti eseteket és teszek javaslatot a munkapontok meghatározásának módjára. Az egyes esetek forráskódjai a mellékletben szerepelnek.





3.19. ábra: Terhelésváltoztatási összgradiens felterheléshez, 2 blokkra

**7/1. eset:**

3.7. táblázat: 7/1. eset felterheléshez, két blokkra

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| Szakasz tartománya     | 100-159 MW            |
| Elérhető meredekség    | 6 MW/perc             |
| Egyik blokk tartománya | 50-109 MW (3 MW/perc) |
| Másik blokk tartománya | 50-109 MW (3 MW/perc) |
| Példa igény            | 140 MW                |

Az egyes blokkok munkapontját úgy kell megválasztanunk, hogy a fenti tartományokba essenek egyenként és összeggel is.

Az elosztási lehetőségek vizsgálata során az alábbi összefüggéseket állapítottam meg:

- Ha az egyik blokk a lehetséges minimális terhelésre kerül (50 MW), akkor a másiknak  $140 - 50 = 90$  MW-nak kell lennie.
- Ha az egyik blokk a lehetséges maximumot veszi fel (109 MW), akkor a másiknak  $140 - 109 = 31$  MW-nak kéne lennie, ami nem lehetséges mivel az adott tartománynak 50 MW az alja.

A fenti két összefüggés alapján szűkítenünk kell az egyes blokkok által felvehető terhelések tartományát az igény figyelembevételével. A példában szereplő 140 MW-os

igény a blokkok 50-109 MW-os tartományát 50-90 MW-ra szűkíti. Értelemszerűen, ha az egyiket valamennyivel megnövelem, akkor a másikat ugyanannyival csökkenteni kell. Az igény kiadásához a két munkapont egymással ellentétesen mozog a lehetséges tartományban.

Vizsgáljuk meg jobban az alábbi lehetőségeket:

- A munkapontokat felvehetjük egyenlően is, azaz 70-70 MW-ra. Ekkor a két blokk egy felterhelési igény esetén összesen 6 MW/perc meredekséggel fog tudni teljesítményt növelni. Ha az igény túlmutat a 159 MW-os határon, akkor ebben az esetben a határ elérése után már  $2 \cdot 5 = 10$  MW/perc meredekséggel növekedik tovább. Legyen  $t_1$  a határ eléréséhez szükséges idő, ha a felterhelés az  $x=70$  MW pontról indul.
- A másik esetben tekintsünk egy olyan helyzetet, ahol az egyik blokkot a lehető legmagasabb értékre (példa alapján 90 MW-ra) terheljük. Ennek az az előnye, hogy innen fog indulni a blokk a felterhelési igénykor és hamarabb fogja elérni a következő, nagyobb meredekségű szakaszt. Legyen ez az idő  $t_2$ . Belátható, hogy a  $t_2 < t_1$ . A kezdeti 6 MW/perces összmeredekség  $t_2$  idő múlva fogja elérni a határt, ahonnan  $3+5=8$  MW/perc meredekséggel fog tudni növekedni. Ezáltal rövidebb idő alatt ( $t_2$ ) fog megjelenni az összmeredekség növekedése. Egy esetleges implementáláskor célszerű figyelembe venni, hogy ebben az esetben a csúcsterhelés elérése hosszabb idő telik, mintha a 70-70 MW-os egyenlő elosztást választottuk volna.

Az ellentétes mozgás miatt, ha kivonjuk az igényből az egyik blokk kívánt tartományának alsó értékét, akkor a másik blokk felső értékét, azaz a kívánt munkapontját kapjuk. Ezáltal fogjuk tudni elérni a minél korábban bekövetkező összmeredekség-növekedést azaz a dinamika-növekedést.

$$Y = \text{igény} - B1_a \quad (3.38)$$

$$X = \text{igény} - Y = B1_a \quad (3.39)$$

Ahol,

- X: az első blokk keresett munkapontja
- Y: a második blokk keresett munkapontja
- igény: a kívánt összteljesítmény
- $B1_a$ : az első blokk aktuális működési tartományának alja

Például:

$$igény = 140 \text{ MW} \quad (3.40)$$

$$B1_a = 50 \text{ MW} \quad (3.41)$$

$$Y = 140 - 50 = 90 \text{ MW} \quad (3.42)$$

$$X = 140 - 90 = 50 \text{ MW} \quad (3.43)$$

**7/2. eset:**

3.8. táblázat: 7/2. eset felterheléshez, két blokkra

|                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| Szakasz tartománya     | 160-169 MW             |
| Elérhető meredekség    | 8 MW/perc              |
| Egyik blokk tartománya | 50-109 MW (3 MW/perc)  |
| Másik blokk tartománya | 110-119 MW (5 MW/perc) |
| Példa igény            | 167 MW                 |

Az elv megegyezik a 7/1-es esetével, mivel az 5 MW/perces szakasz után egy 7 MW/perces következik, ezért itt is a széthúzást kell alkalmazni, hogy minél rövidebb idő alatt, minél dinamikusabb növekedést érhessünk el.

$$Y = igény - B1_a \quad (3.44)$$

$$X = igény - Y = B1_a \quad (3.45)$$

Ahol,

- X: az első blokk keresett munkapontja
- Y: a második blokk keresett munkapontja
- igény: a kívánt összteljesítmény
- B1<sub>a</sub>: az első blokk aktuális működési tartományának alja

Például:

$$igény = 167 \text{ MW} \quad (3.46)$$

$$B1_a = 50 \text{ MW} \quad (3.47)$$

$$Y = 167 - 50 = 117 \text{ MW} \quad (3.48)$$

$$X = 167 - 117 = 50 \text{ MW} \quad (3.49)$$

**7/3. eset:**

3.9. táblázat: 7/3. eset felterheléshez, két blokkra

|                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| Szakasz tartománya     | 170-229 MW             |
| Elérhető meredekség    | 10 MW/perc             |
| Egyik blokk tartománya | 50-109 MW (3 MW/perc)  |
| Másik blokk tartománya | 120-179 MW (7 MW/perc) |
| Példa igény            | 215 MW                 |

Ebben az esetben már nem célszerű a korábban alkalmazott széthúzást alkalmazni, mert a 7 MW/perces szakasz után csökken a meredekség 3 MW/percre, tehát a cél most az, hogy minél később érjük el a meredekség csökkenését. Ez a cél szerencsére a másik blokk munkapontjánál pont a meredekség növekedéséhez való közeledést eredményezi. A lehető legmagasabb dinamika-növekedést úgy fogjuk tudni most elérni, ha a 7 MW-os szakasz alsó pontján próbálunk elhelyezkedni.

$$X = igény - B2_a \quad (3.50)$$

$$Y = igény - X \quad (3.51)$$

Ahol,

- X: az első blokk keresett munkapontja
- Y: a második blokk keresett munkapontja
- igény: a kívánt összteljesítmény
- B2<sub>a</sub>: a második blokk aktuális működési tartományának alja

Például:

$$igény = 215 \text{ MW} \quad (3.52)$$

$$B2_a = 120 \text{ MW} \quad (3.53)$$

$$X = 215 - 120 = 95 \text{ MW} \quad (3.54)$$

$$Y = 215 - 95 = 120 \text{ MW} \quad (3.55)$$

**7/4. eset:**

3.10. táblázat: 7/4. eset felterheléshez, két blokkra

|                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| Szakasz tartománya     | 230-239 MW             |
| Elérhető meredekség    | 12 MW/perc             |
| Egyik blokk tartománya | 110-119 MW (5 MW/perc) |
| Másik blokk tartománya | 120-179 MW (7 MW/perc) |
| Példa igény            | 238 MW                 |

Ebben az esetben is a 7/3-as szerinti módszert kell alkalmaznunk.

$$X = igény - B2_a \quad (3.56)$$

$$Y = igény - X \quad (3.57)$$

Ahol,

- X: az első blokk keresett munkapontja
- Y: a második blokk keresett munkapontja
- igény: a kívánt összteljesítmény
- B2<sub>a</sub>: a második blokk aktuális működési tartományának alja

Például:

$$igény = 238 \text{ MW} \quad (3.58)$$

$$B2_a = 120 \text{ MW} \quad (3.59)$$

$$X = 238 - 120 = 118 \text{ MW} \quad (3.60)$$

$$Y = 238 - 118 = 120 \text{ MW} \quad (3.61)$$

**7/5. eset:**

3.11. táblázat: 7/5. eset felterheléshez, két blokkra

|                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| Szakasz tartománya     | 240-358 MW             |
| Elérhető meredekség    | 14 MW/perc             |
| Egyik blokk tartománya | 120-179 MW (7 MW/perc) |
| Másik blokk tartománya | 120-179 MW (7 MW/perc) |
| Példa igény            | 320 MW                 |

A két blokkal történő üzemelés során itt a legnagyobb a dinamikai tartalék. Ebben az esetben a széthúzás nem célszerű, mivel kisebb a következő szakasz meredeksége így itt is az összehúzás a legjobb megoldás. A kívánt munkapont az igény fele mindkét blokk esetében.

$$X = igény/2 \quad (3.62)$$

$$Y = igény/2 \quad (3.63)$$

Ahol,

- X: az első blokk keresett munkapontja
- Y: a második blokk keresett munkapontja
- igény: a kívánt összteljesítmény

Például:

$$igény = 320 \text{ MW} \quad (3.64)$$

$$X = 320/2 = 160 \text{ MW} \quad (3.65)$$

$$Y = 320/2 = 160 \text{ MW} \quad (3.66)$$

**7/6. eset:**

3.12. táblázat: 7/6. eset felterheléshez, két blokkra

|                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| Szakasz tartománya     | 359-404 MW             |
| Elérhető meredekség    | 10 MW/perc             |
| Egyik blokk tartománya | 120-179 MW (7 MW/perc) |
| Másik blokk tartománya | 180-225 MW (3 MW/perc) |
| Példa igény            | 380 MW                 |

Ez egy különleges tartomány. A 7 MW/perces szakasz után 3 MW/percre csökken a meredekség, ami ráadásul a blokk teljes terhelésének az utolsó szakasza is. Ha széthúzást alkalmazunk, akkor lejjebb kerülhetünk a 7 MW/perces szakaszon, de elfogy a 3 MW/perces és csak 7 MW/perces növekedési lehetőség lesz a 10 MW/perc helyett. Ha összehúzást alkalmazunk, akkor viszont a 7 MW/perces szakasz végéhez közeledünk, amit elhagyva már 6 MW/percre csökken a kezdeti 10 MW/perces növekedési lehetőség. Tehát itt a célunknak annak kell lennie, hogy minél hosszabb ideig tudjunk 10 MW/perces növekedést fenntartani.

Az együtt töltött idő maximalizálásához ki kell számolni az egyes szakaszokon történő mozgásból hátralévő időt.

Először is le kell szűkíteni a tartományokat az igény függvényében:

$$X_{min} = igény - B2_f = igény - 225 \quad (3.67)$$

$$Y_{min} = igény - B1_f = igény - 179 \quad (3.68)$$

Ahol,

- $X_{min}$ : az első blokk munkapontjának a keresési tartományának alja
- $Y_{min}$ : a második blokk keresett munkapontjának a keresési tartományának alja
- igény: a kívánt összteljesítmény
- $B1_f$ : az első blokk aktuális működési tartományának teteje
- $B2_f$ : a második blokk aktuális működési tartományának teteje

Például:

$$igény = 380 \text{ MW} \quad (3.69)$$

$$B1_f = 179 \text{ MW} \quad (3.70)$$

$$B2_f = 225 \text{ MW} \quad (3.71)$$

$$X_{min} = 380 - 225 = 155 \text{ MW} \quad (3.72)$$

$$Y_{min} = 380 - 179 = 201 \text{ MW} \quad (3.73)$$

Tehát a keresési tartományunk:  $155 \leq X \leq 179$  és  $201 \leq Y \leq 225$ .

$$t_x = \frac{B1_f - X}{m_1} \quad (3.74)$$

$$t_y = \frac{B2_f - Y}{m_2} = \frac{B2_f - (igény - X)}{m_2} = \frac{B2_f - igény + X}{m_2} \quad (3.75)$$

$$t_{diff} = t_x - t_y \quad (3.76)$$

$$t_x = t_y \quad (3.77)$$

$$\frac{B1_f - X}{m_1} = \frac{B2_f - igény + X}{m_2} \quad (3.78)$$

$$m_2 * (B1_f - X) = m_1 * (B2_f - igény + X) \quad (3.79)$$

$$m_2 * B1_f - m_2 * X = m_1 * B2_f - m_1 * igény + m_1 * X \quad (3.80)$$

$$m_2 * B1_f - m_1 * B2_f + m_1 * igény = m_1 * X + m_2 * X \quad (3.81)$$

$$m_1 * (igény - B2_f) + m_2 * B1_f = X * (m_1 + m_2) \quad (3.82)$$

$$X = \frac{m_1 * (igény - B2_f) + m_2 * B1_f}{m_1 + m_2} \quad (3.83)$$

Ahol,

- X: az első blokk vizsgált munkapontja
- Y: a második blokk vizsgált munkapontja
- B1<sub>f</sub>: az első blokk aktuális működési tartományának teteje
- B2<sub>f</sub>: a második blokk aktuális működési tartományának teteje
- m<sub>1</sub>: az első blokk aktuális szakaszának meredeksége
- m<sub>2</sub>: a második blokk aktuális szakaszának meredeksége
- t<sub>x</sub>: az egyes blokk X pontjától a szakasz végének eléréséig hátralévő idő
- t<sub>y</sub>: a kettes blokk Y pontjától a szakasz végének eléréséig hátralévő idő
- t<sub>diff</sub>: a t<sub>x</sub> és t<sub>y</sub> idők különbsége

A példát folytatva, az alábbi táblázat tartalmazza a lehetőségeket.

3.13. táblázat: Szakaszhatárok eléréséig szükséges idők és különbségük

| X [MW] | Y [MW] | t <sub>x</sub> [perc] | t <sub>y</sub> [perc] | t <sub>diff</sub> [perc] |
|--------|--------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
| 155    | 225    | 3,428571              | 0                     | 3,428571                 |
| 156    | 224    | 3,285714              | 0,333333              | 2,952381                 |
| 157    | 223    | 3,142857              | 0,666667              | 2,47619                  |
| 158    | 222    | 3                     | 1                     | 2                        |
| 159    | 221    | 2,857143              | 1,333333              | 1,52381                  |
| 160    | 220    | 2,714286              | 1,666667              | 1,047619                 |
| 161    | 219    | 2,571429              | 2                     | 0,571429                 |
| 162    | 218    | 2,428571              | 2,333333              | 0,095238                 |
| 163    | 217    | 2,285714              | 2,666667              | -0,38095                 |
| 164    | 216    | 2,142857              | 3                     | -0,85714                 |
| 165    | 215    | 2                     | 3,333333              | -1,33333                 |
| 166    | 214    | 1,857143              | 3,666667              | -1,80952                 |
| 167    | 213    | 1,714286              | 4                     | -2,28571                 |
| 168    | 212    | 1,571429              | 4,333333              | -2,7619                  |
| 169    | 211    | 1,428571              | 4,666667              | -3,2381                  |
| 170    | 210    | 1,285714              | 5                     | -3,71429                 |
| 171    | 209    | 1,142857              | 5,333333              | -4,19048                 |
| 172    | 208    | 1                     | 5,666667              | -4,66667                 |
| 173    | 207    | 0,857143              | 6                     | -5,14286                 |
| 174    | 206    | 0,714286              | 6,333333              | -5,61905                 |
| 175    | 205    | 0,571429              | 6,666667              | -6,09524                 |
| 176    | 204    | 0,428571              | 7                     | -6,57143                 |
| 177    | 203    | 0,285714              | 7,333333              | -7,04762                 |
| 178    | 202    | 0,142857              | 7,666667              | -7,52381                 |
| 179    | 201    | 0                     | 8                     | -8                       |

A táblázatból kiolvasható, hogy az X=162, Y=218 esetben fog tudni a két blokk a legtovább együtt mozogni 10 MW/perces meredekséggel.

A képlet alkalmazásával is ezt a munkapontot kapjuk:

$$X = \frac{m_1 * (igény - B2_f) + m_2 * B1_f}{m_1 + m_2} = \frac{7 * (380 - 225) + 3 * 179}{7 + 3} = \frac{1622}{10} = 162,2 = 162 \text{ MW} \quad (3.84)$$

$$Y = igény - X = 380 - 162 = 218 \text{ MW} \quad (3.85)$$



**7/7. eset:**

3.14. táblázat: 7/7. eset felterheléshez, két blokkra

|                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| Szakasz tartománya     | 405-450 MW             |
| Elérhető meredekség    | 6 MW/perc              |
| Egyik blokk tartománya | 180-225 MW (3 MW/perc) |
| Másik blokk tartománya | 180-225 MW (3 MW/perc) |
| Példa igény            | 428 MW                 |

Ebben az esetben már mindkét blokk az utolsó szakaszán mozog a működési tartományának. Széthúzásnak itt nincs értelme, mert akkor az egyik blokk hamarabb „elfogy” mint a másik és 6 MW/perc helyett csak 3 MW/perc növekedési lehetőség lesz. Emiatt itt is az összehúzás, azaz az igény felezése a legcélszerűbb.

$$X = igény/2 \text{ (3.86)}$$

$$Y = igény/2 \text{ (3.87)}$$

Ahol,

- X: az első blokk keresett munkapontja
- Y: a második blokk keresett munkapontja
- igény: a kívánt összteljesítmény

Például:

$$igény = 428 \text{ MW (3.88)}$$

$$X = 428/2 = 214 \text{ MW (3.89)}$$

$$Y = 428/2 = 214 \text{ MW (3.90)}$$

### 3.2.3.2 A maximális dinamikát biztosító stratégia három blokkra

Az alábbi táblázat szemlélteti, hogy három üzemelő blokk esetében az egyes blokkok munkapontjai milyen szakaszokon helyezkedhetnek el és hogy ezen kombinációk milyen teljesítmény tartományokkal, mekkora összmeredekséggel rendelkezhetnek.

3.15. táblázat: Szakaszkombinációk felterheléshez, három blokkra

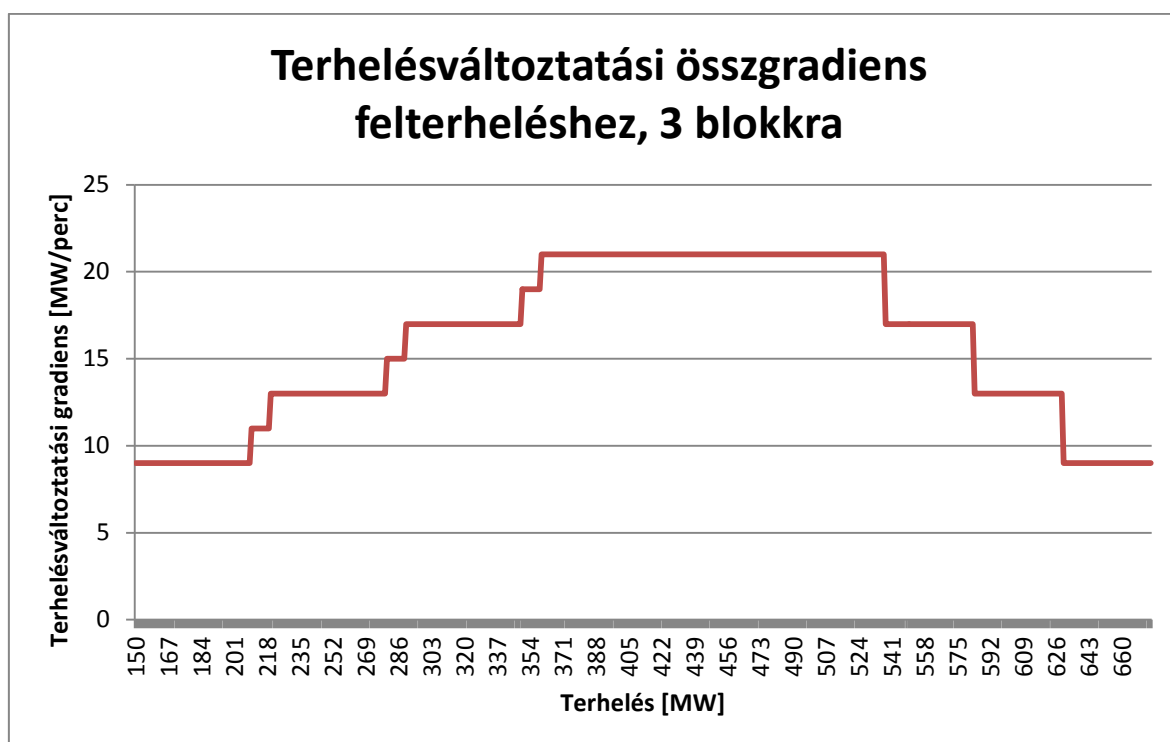
| Eset | B1 grad.<br>[MW/perc] | B2 grad.<br>[MW/perc] | B3 grad.<br>[MW/perc] | B1 alsó<br>[MW] | B1 felső<br>[MW] | B2 alsó<br>[MW] | B2 felső<br>[MW] | B3 alsó<br>[MW] | B3 felső<br>[MW] | Össz alsó<br>[MW] | Össz felső<br>[MW] | Össz grad.<br>[MW/perc] |
|------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-------------------|--------------------|-------------------------|
| 1.   | 3                     | 3                     | 3                     | 50              | 109              | 50              | 109              | 50              | 109              | 150               | 327                | 9                       |
| 2.   | 3                     | 5                     | 3                     | 50              | 109              | 110             | 119              | 50              | 109              | 210               | 337                | 11                      |
| 3.   | 3                     | 7                     | 3                     | 50              | 109              | 120             | 179              | 50              | 109              | 220               | 397                | 13                      |
| 4.   | 3                     | 3                     | 3                     | 50              | 109              | 180             | 225              | 50              | 109              | 280               | 443                | 9                       |
| 5.   | 5                     | 5                     | 3                     | 110             | 119              | 110             | 119              | 50              | 109              | 270               | 347                | 13                      |
| 6.   | 5                     | 7                     | 3                     | 110             | 119              | 120             | 179              | 50              | 109              | 280               | 407                | 15                      |
| 7.   | 5                     | 3                     | 3                     | 110             | 119              | 180             | 225              | 50              | 109              | 340               | 453                | 11                      |
| 8.   | 7                     | 7                     | 3                     | 120             | 179              | 120             | 179              | 50              | 109              | 290               | 467                | 17                      |
| 9.   | 7                     | 3                     | 3                     | 120             | 179              | 180             | 225              | 50              | 109              | 350               | 513                | 13                      |
| 10.  | 3                     | 3                     | 3                     | 180             | 225              | 180             | 225              | 50              | 109              | 410               | 559                | 9                       |
| 11.  | 3                     | 3                     | 5                     | 50              | 109              | 50              | 109              | 110             | 119              | 210               | 337                | 11                      |
| 12.  | 3                     | 5                     | 5                     | 50              | 109              | 110             | 119              | 110             | 119              | 270               | 347                | 13                      |
| 13.  | 3                     | 7                     | 5                     | 50              | 109              | 120             | 179              | 110             | 119              | 280               | 407                | 15                      |
| 14.  | 3                     | 3                     | 5                     | 50              | 109              | 180             | 225              | 110             | 119              | 340               | 453                | 11                      |
| 15.  | 5                     | 5                     | 5                     | 110             | 119              | 110             | 119              | 110             | 119              | 330               | 357                | 15                      |
| 16.  | 5                     | 7                     | 5                     | 110             | 119              | 120             | 179              | 110             | 119              | 340               | 417                | 17                      |
| 17.  | 5                     | 3                     | 5                     | 110             | 119              | 180             | 225              | 110             | 119              | 400               | 463                | 13                      |
| 18.  | 7                     | 7                     | 5                     | 120             | 179              | 120             | 179              | 110             | 119              | 350               | 477                | 19                      |
| 19.  | 7                     | 3                     | 5                     | 120             | 179              | 180             | 225              | 110             | 119              | 410               | 523                | 15                      |
| 20.  | 3                     | 3                     | 5                     | 180             | 225              | 180             | 225              | 110             | 119              | 470               | 569                | 11                      |
| 21.  | 3                     | 3                     | 7                     | 50              | 109              | 50              | 109              | 120             | 179              | 220               | 397                | 13                      |
| 22.  | 3                     | 5                     | 7                     | 50              | 109              | 110             | 119              | 120             | 179              | 280               | 407                | 15                      |
| 23.  | 3                     | 7                     | 7                     | 50              | 109              | 120             | 179              | 120             | 179              | 290               | 467                | 17                      |
| 24.  | 3                     | 3                     | 7                     | 50              | 109              | 180             | 225              | 120             | 179              | 350               | 513                | 13                      |
| 25.  | 5                     | 5                     | 7                     | 110             | 119              | 110             | 119              | 120             | 179              | 340               | 417                | 17                      |
| 26.  | 5                     | 7                     | 7                     | 110             | 119              | 120             | 179              | 120             | 179              | 350               | 477                | 19                      |
| 27.  | 5                     | 3                     | 7                     | 110             | 119              | 180             | 225              | 120             | 179              | 410               | 523                | 15                      |
| 28.  | 7                     | 7                     | 7                     | 120             | 179              | 120             | 179              | 120             | 179              | 360               | 537                | 21                      |
| 29.  | 7                     | 3                     | 7                     | 120             | 179              | 180             | 225              | 120             | 179              | 420               | 583                | 17                      |
| 30.  | 3                     | 3                     | 7                     | 180             | 225              | 180             | 225              | 120             | 179              | 480               | 629                | 13                      |
| 31.  | 3                     | 3                     | 3                     | 50              | 109              | 50              | 109              | 180             | 225              | 280               | 443                | 9                       |
| 32.  | 3                     | 5                     | 3                     | 50              | 109              | 110             | 119              | 180             | 225              | 340               | 453                | 11                      |
| 33.  | 3                     | 7                     | 3                     | 50              | 109              | 120             | 179              | 180             | 225              | 350               | 513                | 13                      |
| 34.  | 3                     | 3                     | 3                     | 50              | 109              | 180             | 225              | 180             | 225              | 410               | 559                | 9                       |
| 35.  | 5                     | 5                     | 3                     | 110             | 119              | 110             | 119              | 180             | 225              | 400               | 463                | 13                      |
| 36.  | 5                     | 7                     | 3                     | 110             | 119              | 120             | 179              | 180             | 225              | 410               | 523                | 15                      |
| 37.  | 5                     | 3                     | 3                     | 110             | 119              | 180             | 225              | 180             | 225              | 470               | 569                | 11                      |
| 38.  | 7                     | 7                     | 3                     | 120             | 179              | 120             | 179              | 180             | 225              | 420               | 583                | 17                      |
| 39.  | 7                     | 3                     | 3                     | 120             | 179              | 180             | 225              | 180             | 225              | 480               | 629                | 13                      |
| 40.  | 3                     | 3                     | 3                     | 180             | 225              | 180             | 225              | 180             | 225              | 540               | 675                | 9                       |

A fenti tartományokat összevontam úgy, hogy az újonnan meghatározott tartományok maximális gradiens meredekséggel, azaz maximális dinamikai tartalékkal rendelkezzenek. Ezeknek a tartományoknak a paramétereit az alábbi táblázatban foglaltam össze.

3.16. táblázat: Összevont tartományok felterheléshez, három blokkra

| Eset | Tartomány alja [MW] | Tartomány teteje [MW] | Gradiens [MW/perc] |
|------|---------------------|-----------------------|--------------------|
| 1.   | 150                 | 209                   | 9                  |
| 2.   | 210                 | 219                   | 11                 |
| 3.   | 220                 | 279                   | 13                 |
| 4.   | 280                 | 289                   | 15                 |
| 5.   | 290                 | 349                   | 17                 |
| 6.   | 350                 | 359                   | 19                 |
| 7.   | 360                 | 537                   | 21                 |
| 8.   | 538                 | 583                   | 17                 |
| 9.   | 584                 | 629                   | 13                 |
| 10.  | 630                 | 675                   | 9                  |

A fenti táblázat adatait szemlélteti az alábbi ábra, majd az egyes esetek részletezése következik.



3.20. ábra: Terhelésváltoztatási összgradiens felterheléshez, 3 blokkra

**10/1. eset:**

3.17. táblázat: 10/1. eset felterheléshez, három blokkra

|                           |                       |
|---------------------------|-----------------------|
| Szakasz tartománya        | 150-209 MW            |
| Elérhető meredekség       | 9 MW/perc             |
| Egyik blokk tartománya    | 50-109 MW (3 MW/perc) |
| Másik blokk tartománya    | 50-109 MW (3 MW/perc) |
| Harmadik blokk tartománya | 50-109 MW (3 MW/perc) |
| Példa igény               | 186 MW                |

A két-blokkos esethez hasonlóan itt is az a cél, hogy minél hamarabb, minél nagyobb meredekséggel tudjon növekedni az összterhelés. Ebben az esetben ezt úgy tudjuk biztosítani, hogy ha két blokkot a minimális terhelésre állítunk és a harmadikon pedig a maradékkal minél nagyobb terhelést érünk el.

$$X = 50 \text{ MW (3.91)}$$

$$Y = 50 \text{ MW (3.92)}$$

$$Z = \text{igény} - X - Y \text{ (3.93)}$$

Ahol:

- X: az első blokk keresett munkapontja
- Y: a második blokk keresett munkapontja
- Z: a harmadik blokk keresett munkapontja
- igény: a kívánt összteljesítmény

Például:

$$\text{igény} = 186 \text{ MW (3.94)}$$

$$X = 50 \text{ MW (3.95)}$$

$$Y = 50 \text{ MW (3.96)}$$

$$Z = 186 - 50 - 50 = 86 \text{ MW (3.97)}$$

## 10/2. eset:

3.18. táblázat: 10/2. eset felterheléshez, három blokkra

|                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| Szakasz tartománya        | 210-219 MW             |
| Elérhető meredekség       | 11 MW/perc             |
| Egyik blokk tartománya    | 50-109 MW (3 MW/perc)  |
| Másik blokk tartománya    | 110-119 MW (5 MW/perc) |
| Harmadik blokk tartománya | 50-109 MW (3 MW/perc)  |
| Példa igény               | 215 MW                 |

Ebben az esetben is a 10/1-hez hasonlóan, ha két blokkot a minimális terhelésre állítunk, akkor a harmadikon a maradékkal nagyobb terhelést érünk el.

$$X = 50 \text{ MW (3.98)}$$

$$Y = 50 \text{ MW (3.99)}$$

$$Z = \text{igény} - X - Y \text{ (3.100)}$$

Ahol:

- X: az első blokk keresett munkapontja
- Y: a második blokk keresett munkapontja
- Z: a harmadik blokk keresett munkapontja
- igény: a kívánt összteljesítmény

Például:

$$\text{igény} = 215 \text{ MW (3.101)}$$

$$X = 50 \text{ MW (3.102)}$$

$$Y = 50 \text{ MW (3.103)}$$

$$Z = 215 - 50 - 50 = 115 \text{ MW (3.104)}$$

## 10/3. eset:

3.19. táblázat: 10/3. eset felterheléshez, három blokkra

|                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| Szakasz tartománya        | 220-279 MW             |
| Elérhető meredekség       | 13 MW/perc             |
| Egyik blokk tartománya    | 50-109 MW (3MW/perc)   |
| Másik blokk tartománya    | 120-179 MW (7 MW/perc) |
| Harmadik blokk tartománya | 50-109 MW (3 MW/perc)  |
| Példa igény               | 260 MW                 |

Ebben az esetben az egyik blokk már a legnagyobb, 7 MW/perces szakaszon mozoghat, ezért hogy azon minél tovább tartózkodhasson, így az egyik blokkot a 7 MW/perces szakasz aljára helyezzük. A maradék a másik két blokk között oszlik szét, ahol az egyiket a minimumra állítjuk és a másik pedig a maradékot kapja.

$$X = 50 \text{ MW (3.105)}$$

$$Y = 120 \text{ MW (3.106)}$$

$$Z = \text{igény} - X - Y \text{ (3.107)}$$

Ahol:

- X: az első blokk keresett munkapontja
- Y: a második blokk keresett munkapontja
- Z: a harmadik blokk keresett munkapontja
- igény: a kívánt összteljesítmény

Például:

$$\text{igény} = 260 \text{ MW (3.108)}$$

$$X = 50 \text{ MW (3.109)}$$

$$Y = 120 \text{ MW (3.110)}$$

$$Z = 260 - 50 - 120 = 90 \text{ MW (3.111)}$$

#### 10/4. eset:

3.20. táblázat: 10/4. eset felterheléshez, három blokkra

|                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| Szakasz tartománya        | 280-289 MW             |
| Elérhető meredekség       | 15 MW/perc             |
| Egyik blokk tartománya    | 110-119 MW (5 MW/perc) |
| Másik blokk tartománya    | 120-179 MW (7 MW/perc) |
| Harmadik blokk tartománya | 50-109 MW (3 MW/perc)  |
| Példa igény               | 286 MW                 |

Ebben az esetben először is a 7 MW/perces szakasz alján kívánunk elhelyezkedni, majd a 3 MW/perces legalján, hogy a maradék az 5 MW/perces részen minél közelebb helyezkedhessen el a 7 MW/perces tartományhoz.

$$X = igény - Y - Z \quad (3.112)$$

$$Y = 120 \text{ MW} \quad (3.113)$$

$$Z = 50 \text{ MW} \quad (3.114)$$

Ahol:

- X: az első blokk keresett munkapontja
- Y: a második blokk keresett munkapontja
- Z: a harmadik blokk keresett munkapontja
- igény: a kívánt összteljesítmény

Például:

$$igény = 289 \text{ MW} \quad (3.115)$$

$$Y = 120 \text{ MW} \quad (3.116)$$

$$Z = 50 \text{ MW} \quad (3.117)$$

$$X = 289 - 120 - 50 = 119 \text{ MW} \quad (3.118)$$

**10/5. eset:**

3.21. táblázat: 10/5. eset felterheléshez, három blokkra

|                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| Szakasz tartománya        | 290-349 MW             |
| Elérhető meredekség       | 17 MW/perc             |
| Egyik blokk tartománya    | 120-179 MW (7 MW/perc) |
| Másik blokk tartománya    | 120-179 MW (7 MW/perc) |
| Harmadik blokk tartománya | 50-109 MW (3 MW/perc)  |
| Példa igény               | 335 MW                 |

Ebben az esetben először is a két 7 MW/perces szakasz alján kívánunk elhelyezkedni, hogy a maradék a 3 MW/perces részen minél közelebb helyezkedhessen el az 5 MW/perces tartományhoz.

$$X = 120 \text{ MW} \quad (3.119)$$

$$Y = 120 \text{ MW} \quad (3.120)$$

$$Z = igény - X - Y \quad (3.121)$$

Ahol:

- X: az első blokk keresett munkapontja
- Y: a második blokk keresett munkapontja
- Z: a harmadik blokk keresett munkapontja
- igény: a kívánt összteljesítmény

Például:

$$igény = 335 \text{ MW (3.122)}$$

$$X = 120 \text{ MW (3.123)}$$

$$Y = 120 \text{ MW (3.124)}$$

$$Z = 335 - 120 - 120 = 95 \text{ MW (3.125)}$$

**10/6. eset:**

3.22. táblázat: 10/6. eset felterheléshez, három blokkra

|                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| Szakasz tartománya        | 350-359 MW             |
| Elérhető meredekség       | 19 MW/perc             |
| Egyik blokk tartománya    | 120-179 MW (7 MW/perc) |
| Másik blokk tartománya    | 120-179 MW (7 MW/perc) |
| Harmadik blokk tartománya | 110-119 MW (5 MW/perc) |
| Példa igény               | 358 MW                 |

Ebben az esetben először is a két 7 MW/perces szakasz alján kívánunk elhelyezkedni, hogy a maradék az 5 MW/perces részen minél közelebb helyezkedhessen el a 7 MW/perces tartományhoz.

$$X = 120 \text{ MW (3.126)}$$

$$Y = 120 \text{ MW (3.127)}$$

$$Z = igény - X - Y \text{ (3.128)}$$

Ahol:

- X: az első blokk keresett munkapontja
- Y: a második blokk keresett munkapontja
- Z: a harmadik blokk keresett munkapontja
- igény: a kívánt összteljesítmény



Például:

$$igény = 358 \text{ MW (3.129)}$$

$$X = 120 \text{ MW (3.130)}$$

$$Y = 120 \text{ MW (3.131)}$$

$$Z = 358 - 120 - 120 = 118 \text{ MW (3.132)}$$

**10/7. eset:**

3.23. táblázat: 10/7. eset felterheléshez, három blokkra

|                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| Szakasz tartománya        | 360-537 MW             |
| Elérhető meredekség       | 21 MW/perc             |
| Egyik blokk tartománya    | 120-179 MW (7 MW/perc) |
| Másik blokk tartománya    | 120-179 MW (7 MW/perc) |
| Harmadik blokk tartománya | 120-179 MW (7 MW/perc) |
| Példa igény               | 535 MW                 |

A három blokkal történő üzemelés során itt a legnagyobb a dinamikai tartalék. Ebben az esetben a széthúzás nem célszerű, mivel kisebb a következő szakasz meredeksége, így itt is az összehúzás a legjobb megoldás. A kívánt munkapont az igény harmada mindhárom blokk esetében.

$$X = igény/3 \text{ (3.133)}$$

$$Y = igény/3 \text{ (3.134)}$$

$$Z = igény/3 \text{ (3.135)}$$

Ahol:

- X: az első blokk keresett munkapontja
- Y: a második blokk keresett munkapontja
- Z: a harmadik blokk keresett munkapontja
- igény: a kívánt összteljesítmény

Például:

$$igény = 535 \text{ MW (3.136)}$$

$$X = 535/3 = 178,3 \text{ MW (3.137)}$$

$$Y = 535/3 = 178,3 \text{ MW (3.138)}$$

$$Z = 535/3 = 178,3 \text{ MW (3.139)}$$

**10/8. eset:**

3.24. táblázat: 10/8. eset felterheléshez, három blokkra

|                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| Szakasz tartománya        | 538-583 MW             |
| Elérhető meredekség       | 17 MW/perc             |
| Egyik blokk tartománya    | 120-179 MW (7 MW/perc) |
| Másik blokk tartománya    | 120-179 MW (7 MW/perc) |
| Harmadik blokk tartománya | 180-225 MW (3 MW/perc) |
| Példa igény               | 570 MW                 |

Ebben az esetben az összmeredekség 7+7+3 formában adódik ki és a megoldandó probléma a kétblokkos 7/6-os esetre emlékeztet. Ha lefutunk a 7-es szakasról, akkor lecsökken a meredekségünk 13 MW/percre. A cél tehát az, hogy a 7-es és 3-as szakasz a lehető legtovább mozogjon együtt.

Először is le kell szűkíteni a tartományokat az igény függvényében:

$$X_{min} = \frac{igény - B3_f}{2} = \frac{igény - 225}{2} \quad (3.140)$$

$$Z_{min} = igény - 2 * B1_f = igény - 2 * 179 \quad (3.141)$$

Ahol,

- $X_{min}$ : az első és második blokk munkapontjának a keresési tartományának alja
- $Z_{min}$ : a harmadik blokk keresett munkapontjának a keresési tartományának alja
- igény: a kívánt összteljesítmény
- $B1_f$ : az első és második blokk aktuális működési tartományának teteje
- $B3_f$ : a harmadik blokk aktuális működési tartományának teteje

Például:

$$igény = 570 \text{ MW} \quad (3.142)$$

$$B1_f = 179 \text{ MW} \quad (3.143)$$

$$B3_f = 225 \text{ MW} \quad (3.143)$$

$$X_{min} = \frac{570 - 225}{2} = 172,5 \text{ MW} \quad (3.144)$$

$$Z_{min} = 570 - 2 * 179 = 212 \text{ MW} \quad (3.145)$$

Tehát a keresési tartományunk:  $172 \leq X = Y \leq 179$  és  $212 \leq Z \leq 225$ .

$$t_x = \frac{B1_f - X}{m_1} \quad (3.146)$$

$$t_z = \frac{B3_f - Z}{m_3} = \frac{B3_f - (igény - 2 * X)}{m_3} = \frac{B3_f - igény + 2 * X}{m_3} \quad (3.147)$$

$$t_{diff} = t_x - t_z \quad (3.148)$$

$$t_x = t_z \quad (3.149)$$

$$\frac{B1_f - X}{m_1} = \frac{B3_f - igény + 2 * X}{m_3} \quad (3.150)$$

$$m_3 * (B1_f - X) = m_1 * (B3_f - igény + 2 * X) \quad (3.151)$$

$$m_3 * B1_f - m_3 * X = m_1 * B3_f - m_1 * igény + m_1 * 2 * X \quad (3.152)$$

$$m_3 * B1_f - m_1 * B3_f + m_1 * igény = m_1 * 2 * X + m_3 * X \quad (3.153)$$

$$m_1 * (igény - B3_f) + m_3 * B1_f = X * (2 * m_1 + m_3) \quad (3.154)$$

$$X = \frac{m_1 * (igény - B3_f) + m_3 * B1_f}{2 * m_1 + m_3} \quad (3.155)$$

$$Y = X \quad (3.156)$$

Ahol,

- X, Y: az első és második blokk vizsgált munkapontja
- Z: a harmadik blokk vizsgált munkapontja
- B1<sub>f</sub>: az első blokk aktuális működési tartományának teteje
- B3<sub>f</sub>: a harmadik blokk aktuális működési tartományának teteje
- m<sub>1</sub>: az első blokk aktuális szakaszának meredeksége
- m<sub>3</sub>: a harmadik blokk aktuális szakaszának meredeksége
- t<sub>x</sub>: az egyik blokk X pontjától a szakasz végének eléréséig hátralévő idő
- t<sub>z</sub>: a harmadik blokk Z pontjától a szakasz végének eléréséig hátralévő idő
- t<sub>diff</sub>: a t<sub>x</sub> és t<sub>z</sub> idők különbsége

A példát folytatva, az alábbi táblázat tartalmazza a lehetőségeket.

3.25. táblázat: Szakaszhatárok eléréséig szükséges idők és különbségük

| X [MW] | Z [MW] | t <sub>x</sub> [perc] | t <sub>z</sub> [perc] | t <sub>diff</sub> [perc] |
|--------|--------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
| 172    | 226    | 1                     | -0,33333              | 1,333333                 |
| 173    | 224    | 0,857143              | 0,333333              | 0,52381                  |
| 174    | 222    | 0,714286              | 1                     | -0,28571                 |
| 175    | 220    | 0,571429              | 1,666667              | -1,09524                 |
| 176    | 218    | 0,428571              | 2,333333              | -1,90476                 |
| 177    | 216    | 0,285714              | 3                     | -2,71429                 |
| 178    | 214    | 0,142857              | 3,666667              | -3,52381                 |
| 179    | 212    | 0                     | 4,333333              | -4,33333                 |
| 173,1  | 223,8  | 0,842857              | 0,4                   | 0,442857                 |
| 173,2  | 223,6  | 0,828571              | 0,466667              | 0,361905                 |
| 173,3  | 223,4  | 0,814286              | 0,533333              | 0,280952                 |
| 173,4  | 223,2  | 0,8                   | 0,6                   | 0,2                      |
| 173,5  | 223    | 0,785714              | 0,666667              | 0,119048                 |
| 173,6  | 222,8  | 0,771429              | 0,733333              | 0,038095                 |
| 173,7  | 222,6  | 0,757143              | 0,8                   | -0,04286                 |
| 173,8  | 222,4  | 0,742857              | 0,866667              | -0,12381                 |
| 173,9  | 222,2  | 0,728571              | 0,933333              | -0,20476                 |

A táblázatból kiolvasható, hogy az  $173 \leq X = Y \leq 174$  és  $222 \leq Z \leq 224$  esetben fog tudni a két blokk a legtovább együtt mozogni 17 MW/perces meredekséggel, ezért a táblázat ezt a tartományt részletesebb felbontásban tartalmazza.

A képlet alkalmazásával is ezt a munkapontot kapjuk:

$$X = \frac{m_1 \cdot (igény - B3_f) + m_3 \cdot B1_f}{2 \cdot m_1 + m_2} = \frac{7 \cdot (570 - 225) + 3 \cdot 179}{2 \cdot 7 + 3} = \frac{2952}{17} = 173,6 = 174 \text{ MW} \quad (3.157)$$

$$Y = X \quad (3.158)$$

$$Z = igény - X - Y = 570 - 2 \cdot 174 = 222 \text{ MW} \quad (3.159)$$

**10/9. eset:**

3.26. táblázat: 10/9. eset felterheléshez, három blokkra

|                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| Szakasz tartománya        | 584-629 MW             |
| Elérhető meredekség       | 13 MW/perc             |
| Egyik blokk tartománya    | 120-179 MW (7 MW/perc) |
| Másik blokk tartománya    | 180-225 MW (3 MW/perc) |
| Harmadik blokk tartománya | 180-225 MW (3 MW/perc) |
| Példa igény               | 610 MW                 |

Ebben az esetben az összmeredekség 7+3+3 formában adódik ki és az előző 10/8-as esettel egyezik meg a megoldás. Ha lefutunk a 7-es szakasról, akkor lecsökken a meredekségünk 9 MW/percre. A cél tehát az, hogy a 7-es és 3-as szakasz a lehető legtávolabb mozogjon együtt.

Először is le kell szűkíteni a tartományokat az igény függvényében:

$$X_{min} = igény - 2 * B2_f = igény - 2 * 225 \quad (3.160)$$

$$Y_{min} = \frac{igény - B1_f}{2} = \frac{igény - 179}{2} \quad (3.161)$$

Ahol,

- $X_{min}$ : az első blokk munkapontjának a keresési tartományának alja
- $Y_{min}$ : a második és harmadik blokk keresett munkapontjának a keresési tartományának alja
- igény: a kívánt összteljesítmény
- $B1_f$ : az első blokk aktuális működési tartományának teteje
- $B2_f$ : a második és harmadik blokk aktuális működési tartományának teteje

Például:

$$igény = 610 \text{ MW} \quad (3.162)$$

$$B1_f = 179 \text{ MW} \quad (3.163)$$

$$B2_f = 225 \text{ MW} \quad (3.164)$$

$$X_{min} = igény - 2 * B2_f = 610 - 2 * 225 = 160 \text{ MW} \quad (3.165)$$

$$Y_{min} = \frac{igény - B1_f}{2} = \frac{610 - 179}{2} = 215,5 \text{ MW} \quad (3.166)$$

Tehát a keresési tartományunk:  $160 \leq X \leq 179$  és  $215 \leq Y = Z \leq 225$ .

$$t_x = \frac{B1_f - X}{m_1} \quad (3.167)$$

$$t_y = \frac{B2_f - \frac{Y}{2}}{m_2} = \frac{B2_f - \frac{igény - X}{2}}{m_2} \quad (3.168)$$

$$t_{diff} = t_x - t_y \quad (3.169)$$

$$t_x = t_y \quad (3.170)$$

$$\frac{B1_f - X}{m_1} = \frac{B2_f - \frac{igény - X}{2}}{m_3} \quad (3.171)$$

$$m_2(B1_f - X) = m_1 * (B2_f - \frac{igény - X}{2}) \quad (3.172)$$

$$m_2 * B1_f - m_2 * X = m_1 * B2_f - m_1 * \frac{igény - X}{2} \quad (3.173)$$

$$2 * m_2 * B1_f - 2 * m_2 * X = 2 * m_1 * B2_f - m_1 * (igény - X) \quad (3.174)$$

$$2 * m_2 * B1_f - 2 * m_1 * B2_f + m_1 * igény = m_1 * X + 2 * m_2 * X \quad (3.175)$$

$$2 * (m_2 * B1_f - m_1 * B2_f) + m_1 * igény = X * (m_1 + 2 * m_2) \quad (3.176)$$

$$X = \frac{2 * (m_2 * B1_f - m_1 * B2_f) + m_1 * igény}{m_1 + 2 * m_2} \quad (3.177)$$

$$Y = \frac{igény - X}{2} \quad (3.178)$$

Ahol,

- X: az első blokk vizsgált munkapontja
- Y, Z: a második és harmadik blokk vizsgált munkapontja
- B1<sub>f</sub>: az első blokk aktuális működési tartományának teteje
- B2<sub>f</sub>: a második és harmadik blokk aktuális működési tartományának teteje
- m<sub>1</sub>: az első blokk aktuális szakaszának meredeksége
- m<sub>2</sub>: a második és harmadik blokk aktuális szakaszának meredeksége
- t<sub>x</sub>: az egyik blokk X pontjától a szakasz végének eléréséig hátralévő idő
- t<sub>y</sub>: a második és harmadik blokk Y pontjától a szakasz végének eléréséig hátralévő idő
- t<sub>diff</sub>: a t<sub>x</sub> és t<sub>y</sub> idők különbsége

A példát folytatva, az alábbi táblázat tartalmazza a lehetőségeket.

3.27. táblázat: Szakaszhatárok eléréséig szükséges idők és különbségük

| X [MW] | Y [MW] | t <sub>x</sub> [perc] | t <sub>y</sub> [perc] | t <sub>diff</sub> [perc] |
|--------|--------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
| 160    | 225    | 2,714286              | 0                     | 2,714286                 |
| 161    | 224,5  | 2,571429              | 0,166667              | 2,404762                 |
| 162    | 224    | 2,428571              | 0,333333              | 2,095238                 |
| 163    | 223,5  | 2,285714              | 0,5                   | 1,785714                 |
| 164    | 223    | 2,142857              | 0,666667              | 1,47619                  |
| 165    | 222,5  | 2                     | 0,833333              | 1,166667                 |
| 166    | 222    | 1,857143              | 1                     | 0,857143                 |
| 167    | 221,5  | 1,714286              | 1,166667              | 0,547619                 |
| 168    | 221    | 1,571429              | 1,333333              | 0,238095                 |
| 169    | 220,5  | 1,428571              | 1,5                   | -0,07143                 |
| 170    | 220    | 1,285714              | 1,666667              | -0,38095                 |
| 171    | 219,5  | 1,142857              | 1,833333              | -0,69048                 |
| 172    | 219    | 1                     | 2                     | -1                       |
| 173    | 218,5  | 0,857143              | 2,166667              | -1,30952                 |
| 174    | 218    | 0,714286              | 2,333333              | -1,61905                 |
| 175    | 217,5  | 0,571429              | 2,5                   | -1,92857                 |
| 176    | 217    | 0,428571              | 2,666667              | -2,2381                  |
| 177    | 216,5  | 0,285714              | 2,833333              | -2,54762                 |
| 178    | 216    | 0,142857              | 3                     | -2,85714                 |
| 179    | 215,5  | 0                     | 3,166667              | -3,16667                 |
| 168,1  | 220,95 | 1,557143              | 1,35                  | 0,207143                 |
| 168,2  | 220,9  | 1,542857              | 1,366667              | 0,17619                  |
| 168,3  | 220,85 | 1,528571              | 1,383333              | 0,145238                 |
| 168,4  | 220,8  | 1,514286              | 1,4                   | 0,114286                 |
| 168,5  | 220,75 | 1,5                   | 1,416667              | 0,083333                 |
| 168,6  | 220,7  | 1,485714              | 1,433333              | 0,052381                 |
| 168,7  | 220,65 | 1,471429              | 1,45                  | 0,021429                 |
| 168,8  | 220,6  | 1,457143              | 1,466667              | -0,00952                 |
| 168,9  | 220,55 | 1,442857              | 1,483333              | -0,04048                 |

A táblázatból kiolvasható, hogy az  $168 \leq X \leq 169$  és  $220 \leq Y = Z \leq 221$  esetben fog tudni a két blokk a legtávolabbi együtt mozogni 13 MW/perces meredekséggel, ezért a táblázat ezt a tartományt részletesebb felbontásban tartalmazza.

A képlet alkalmazásával is ezt a munkapontot kapjuk:

$$X = \frac{2 \cdot (m_2 \cdot B_{1f} - m_1 \cdot B_{2f}) + m_1 \cdot igény}{m_1 + 2 \cdot m_2} = \frac{2 \cdot (3 \cdot 179 - 7 \cdot 225) + 7 \cdot 610}{7 + 2 \cdot 3} = \frac{2194}{13} = 168,76 = 169 \text{ MW} \quad (3.179)$$

$$Y = \frac{igény - X}{2} = \frac{610 - 169}{2} = 220,5 \text{ MW} \quad (3.180)$$

$$Z = Y \quad (3.181)$$

**10/10. eset:**

3.28. táblázat: 10/10. eset felterheléshez, három blokkra

|                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| Szakasz tartománya        | 630-675 MW             |
| Elérhető meredekség       | 9 MW/perc              |
| Egyik blokk tartománya    | 180-225 MW (3 MW/perc) |
| Másik blokk tartománya    | 180-225 MW (3 MW/perc) |
| Harmadik blokk tartománya | 180-225MW (3 MW/perc)  |
| Példa igény               | 659 MW                 |

Ebben az esetben már mindhárom blokk az utolsó szakaszán mozog a működési tartományának. Széthúzásnak itt nincs értelme, mert akkor az egyik blokk hamarabb „elfogy” mint a másik kettő és 9 MW/perc helyett csak 3-6 MW/perc növekedési lehetőség lesz. Emiatt itt is az összehúzás, azaz az igény harmadolása a legcélszerűbb.

$$X = \text{igény}/3 \quad (3.182)$$

$$Y = \text{igény}/3 \quad (3.183)$$

$$Z = \text{igény}/3 \quad (3.184)$$

Ahol,

- X: az első blokk keresett munkapontja
- Y: a második blokk keresett munkapontja
- Z: a harmadik blokk keresett munkapontja
- igény: a kívánt összteljesítmény

Például:

$$\text{igény} = 659 \text{ MW} \quad (3.185)$$

$$X = 659/3 = 219,66 \text{ MW} \quad (3.186)$$

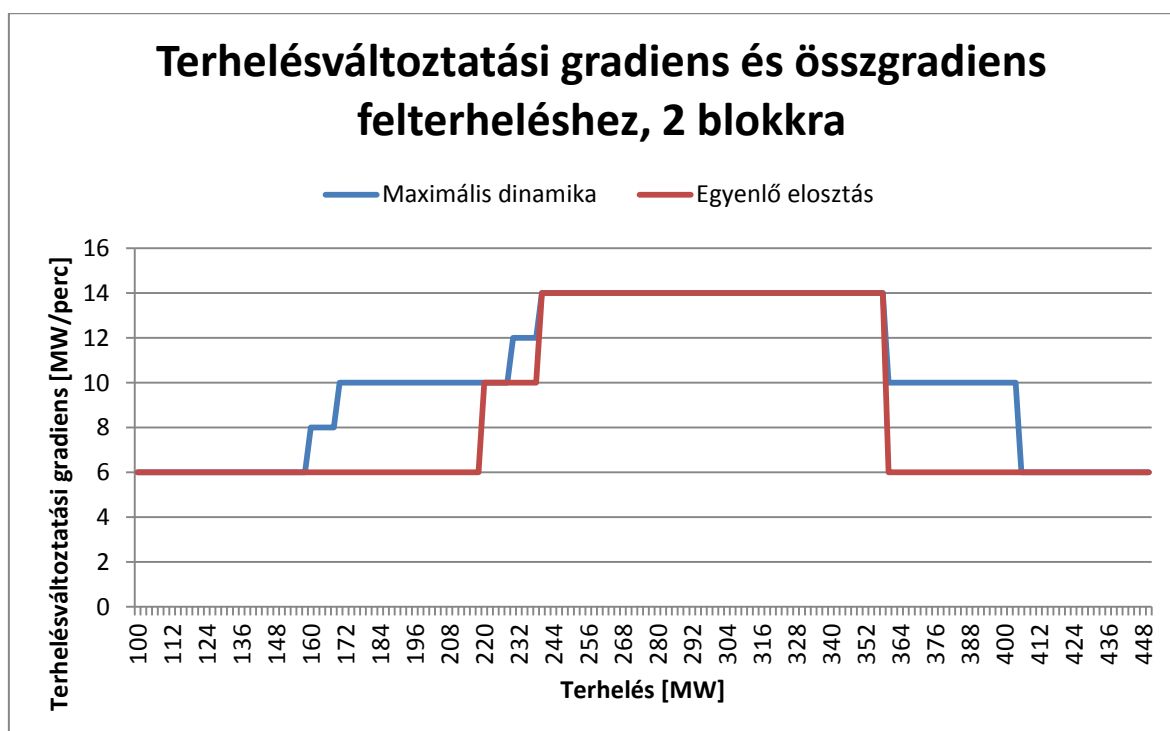
$$Y = 659/3 = 219,66 \text{ MW} \quad (3.187)$$

$$Z = 659/3 = 219,66 \text{ MW} \quad (3.188)$$

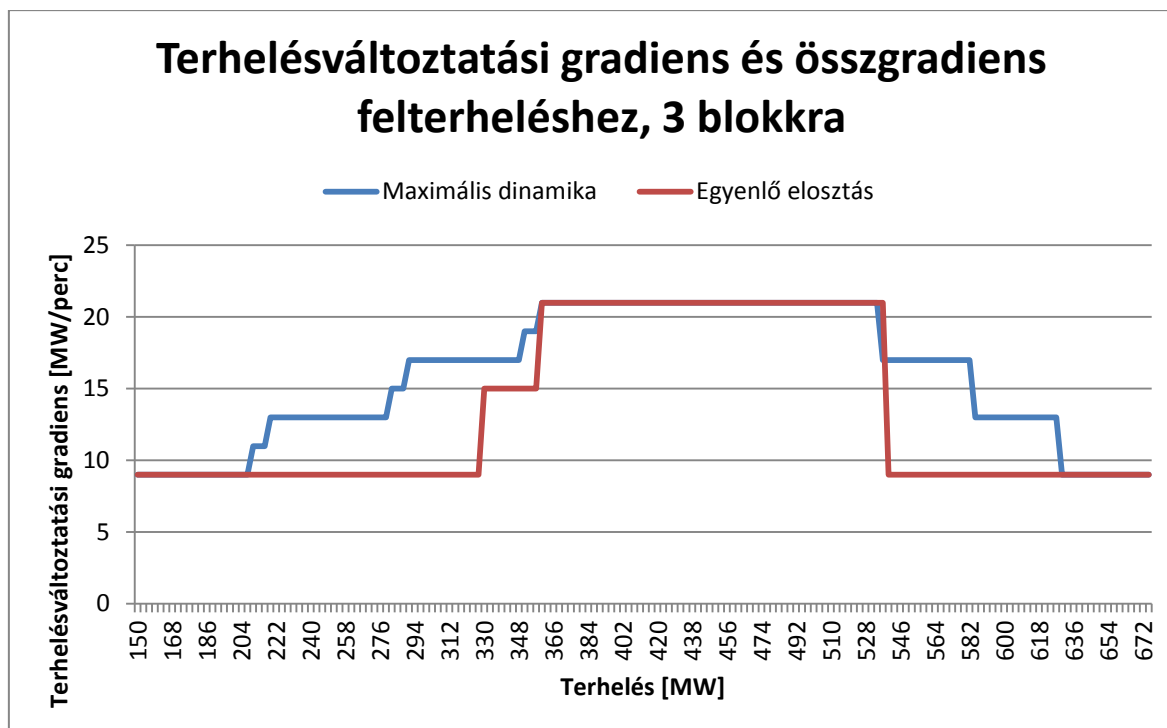


### 3.2.4 Összefoglalás, továbbfejlesztési lehetőség

A maximális dinamikára való törekvés eredményeit mutatja az alábbi két ábra. Ezeken az látható, hogy ha eltérünk a terhelés blokkok közötti egyenlő elosztásától, akkor ugyanazon terhelésnél magasabb időegységenkénti terhelésnövekedési lehetőségünk lehet, ami a villamos-energia hálózat üzembiztonsága miatt kiemelten fontos. A gáztüzelésű erőműveknél ezáltal bizonyos időjárási körülmények között érdemes az általam is bemutatott gazdasági optimumon történő üzemeltetés helyett a maximális terhelésnövekedés lehetőségét biztosító munkapontokon üzemelni. Ehhez viszont célszerű az elszámolási és finanszírozási kérdéseket is vizsgálni.



3.21. ábra: Terhelésváltoztatási gradiens és összgradiens felterheléshez, 2 blokkra



3.22. ábra: Terhelésváltoztatási gradiens és összgradiens felterheléshez, 3 blokkra

### 3.3 Új tudományos eredmények

#### 2. Tézis: Kidolgoztam egy egyszerűsített erőmű modellt, amely alkalmas terheléelosztási stratégiák vizsgálatára.

Az általam kidolgozott egyszerűsített erőmű modellben egy PLC helyettesíti az erőmű irányítórendszerét, melyhez OPC kapcsolaton keresztül kapcsolódnak a modell egyes moduljai. Az egyik modul képes a termelési igények fájlból történő bejuttatására az irányítórendszerbe, amit a terheléelosztási stratégiákat megvalósító modul használ fel. A modell részét képezi az a blokkok üzemét szimuláló modul, mely a szabályozó alapjelek hatására a programozott, akkreditált, időegység alatt elérhető terhelésnövelési képesség, azaz terhelésváltoztatási gradiensek alapján képes a szimulált terhelési értékek szolgáltatására. A modell grafikonokon szemlélteti az egyes blokkok terheléseit a szabályozó alapjelekkel együtt. [S11, S15, S31]

3. **Tézis:** Az egyszerűsített erőmű modell használatával terheléelosztási módszereket dolgoztam ki erőművek két- és három-blokkos üzemére, amelyek segítségével vagy a termelési költség csökken, vagy a felterhelés esetén az eredő, időegység alatti terhelésnövelési képesség javulásával a villamos-energia hálózat biztonsága javul. Két-blokkos üzem esetén a módszerem azon esetét alkalmazva, amikor az egyenlő mértékű elosztás által javasolt szakaszt egy nagyobb terhelésnövekedést biztosító szakasz követi, az  $Y = igény - B1_a$  és  $X = igény - Y$  összefüggések (ahol  $X$  az első blokk,  $Y$  a második blokk keresett munkapontja, az *igény* a kívánt összteljesítmény, a  $B1_a$  az első blokk aktuális működési tartományának az alja) által kijelölt munkapontok egy felterhelési igény esetén hamarabb képesek nagyobb meredekségű eredő terhelésnövekedést biztosítani, mint az egyenlő mértékű elosztás.

*Levezettem az erőművek két- és három-blokkos üzemére a gazdasági optimumokat adó képleteket, majd javaslatot tettem a termelőegységek műszaki korlátait is figyelembe vevő, irányítórendszerbeli algoritmusra. Kidolgoztam egy olyan új terheléelosztási stratégiát, amely segítségével két- és három-blokkos üzem esetén a blokkok felterhelési gradiensének ismeretében a munkapontokat úgy választom meg, hogy a lehető legrövidebb időn belül, a lehető legnagyobb meredekséggel lehessen a terhelést növelni. [S6, S9, S13, S19, S23, S31]*

## **4 Távdiagnosztikai módszerek kidolgozása**

### **4.1 A témakör hazai és nemzetközi áttekintése**

A tématerületen a kutatást szintén egy külső megbízói igény indította. Arra a kérdésre szerettek volna választ kapni, hogy lehetséges-e autóbuszok esetében a hibakódok távoli kiolvasása és törlése olyan járműveken, amik ilyen beépített gyártói szolgáltatással nem rendelkeznek.

Először a diagnosztika, a távdiagnosztika és a távkarbantartás fogalmának jártam utána. A gépek hibás működése illetve károsodása a termelés vagy közlekedés késéséhez vagy akár leállásához vezet, amelynek költségvonzata nem elhanyagolható. Ennek elkerülése érdekében a gépek és folyamatok folyamatos felügyelete szükséges, lehetővé téve a zavarok megelőzését vagy időbeni elhárítását. A távdiagnosztika a hagyományos diagnosztikai eljárások telekommunikációs eszközökkel való támogatása. A távdiagnosztika feladata a szükséges diagnosztikai információ (jelek) továbbítása a (kis vagy nagyobb távolságra elhelyezkedő) vevő, felügyeleti állomás vagy felügyeleti központ felé. Egy megfelelő, intelligens tanácsadó vagy szakértői rendszer, vagy akár egy szakértő felméri a zavar mértékét, meghatározza a kár mértékét, és meghozza a szükséges döntéseket. Távolról előrejelzést ad, felméri az eltéréseket és azonosítja a működési paraméterek hibáját.

Az érzékelők kommunikációs hálózatba kapcsolása a diagnosztikai eljárás szinte határtalan kiterjesztését teszi lehetővé, hiszen ekkor már nem csak egyetlen szenzort, hanem szenzorok csoportjait alkalmazhatjuk. Ennek eredményeképpen az érzékelők által közvetített információt a szabályozó, a diagnosztikai és az előrejelző rendszerek is használhatják. A távdiagnosztika és karbantartás mögött komoly gazdasági érdekek állnak, hiszen hozzájárulnak a berendezés élettartamának meghosszabbításához. A berendezés élettartamának meghosszabbítására való törekvés tehát a diagnosztika és a felügyeleti rendszerek fejlesztését vonja maga után. Ezen felül, a gyártás növekvő globalizációjával párhuzamosan egyre inkább szerteágazóbbá válik, így a mechatronikai rendszerek, technológiai folyamatok és gyártott termékek megbízhatóságának növelése érdekében egyre inkább szükség lesz a távdiagnosztika és karbantartás alkalmazására. Ez azt jelenti tehát, hogy a moduláris diagnosztikai rendszerek fejlesztése tovább folytatódik, és az

intelligens érzékelők egyre több diagnosztikai funkciót látnak majd el. Természetesen ezt követi majd a mérőrendszerek miniatürizálása és integrációja. A távdiagnosztika és karbantartás egyértelműen a berendezések teljes diagnosztikai lefedettsége és felügyelete, valamint az előrejelzéseken nyugvó karbantartás irányába halad. A mai távdiagnosztikai rendszerek többsége nem felel meg a korszerű követelményeknek, mivel csupán egyszerű adatátviteli és párbeszéd-lehetőséget biztosítanak, és a berendezések speciális sajátosságainak megfelelően kialakítottak. Az Internet különösen alkalmas kommunikációs médiumként, mivel szinte az egész világon rendelkezésre áll, gyorsan felépíthető a kapcsolat és standard kommunikációs protokollt alkalmaz. [28]

Megvizsgáltam a nemzetközi szabadalmakat a járművek diagnosztizálása kapcsán.

A US 6 181 994 B1 szabadalom egy olyan rendszert mutat be, amely alkalmas a járművek elektronikai egységeiben futó diagnosztikai algoritmusok módosítására. A rendszer működése során a diagnosztikai adatok kiértékelése után a diagnosztikai központból lehetőség van haladó diagnosztikai funkciók betöltésére a járműbe, ami által a jármű meghibásodásának az oka pontosabban meghatározható. [29] Ezen rendszerrel szemben én egy olyan módszert kerestem, ami nem frissíti a járműben futó diagnosztikát, hanem az elektronikai eszközök által szolgáltatott hibakódot képes továbbítani és a törlését kezdeményezni.

A US 6553292 B2 szabadalom egy olyan eszközről és módszerről szól, amely a járművek távoli diagnosztizálását teszi lehetővé az elektronikus, mechanikus és mechatronikai komponenseknél. Akár a komplikált jármű meghibásodások és/vagy olyan járműhibák esetében, amiket nehéz megtalálni, a szerviz technikusok rövid időn belül képesek a probléma megtalálására és helyreállítására, ha szükséges, valós idejű külső adatbázis és/vagy szervizközpont bevonását is lehetővé teszi, ami által az üzemen kívül töltött idő minimalizálható. [30]

A fenti szabadalmak a járművek fejlett, újratölthető diagnosztikai lehetőségeit mutatják be, valamint egy olyan eszközt és módszert ismertetnek, amelyek a teljes karbantartást, hibaelhárítást segítik [38], de nem adnak megoldást a távdiagnosztizálásra, azaz az elektronikai eszközök által szolgáltatott hibakódot nem képesek továbbítani és törlését kezdeményezni.

A kutatás célja az ismertetett megoldások hátrányainak kiküszöbölése, azaz olyan rendszer kialakítása, amely alkalmas a járművek távoli helyszínről történő hibakód kiolvasására és törlésére a gyári diagnosztikai szoftver alkalmazásával.

## **4.2 A kutatási tevékenység áttekintése**

A járműveket ma már elektronikusan irányított, azaz mechatronikai rendszereknek tekinthetjük. Diagnosztizálásuk fontos dolog és egyre elterjedtebb, mert ezzel gyorsan megállapítható az egyes részegységek hibás működése. A járműdiagnosztizálás felgyorsítja és hatékonyabbá teszi a karbantartási folyamatokat. Egyre fontosabb az on-board (fedélzeti) diagnosztika szerepe, amellyel menetközben folyamatosan felügyelhetjük a járművek alrendszereit. A járművekbe épített egyes irányított rendszerek különböző cégektől származhatnak, de már szinte minden gyártó kínál a saját berendezéseéhez diagnosztikai eszközöket. Ezekkel az eszközökkel közvetlenül rá kell csatlakozni a jármű belső kommunikációs hálózatára a diagnosztizáláshoz. Egy vállalat sok járművel rendelkezhet és több telephelye is lehet, így a járművek nem mindig egy helyre térnek vissza, emellett menetközben is meghibásodhatnak. Ha a jármű és a diagnosztikát végző személy távol van egymástól, akkor beszélünk távdiagnosztikáról.

A járműveken a fő egységek közötti kommunikáció CAN buszrendszeren keresztül történik, a diagnosztikai eszközt is erre a buszrendszerre kell csatlakoztatni, így tud kommunikálni a jármű egységeivel, valamint így képes diagnosztizálni azokat. A távdiagnosztika úgy alakítható ki, hogy a járművek CAN kommunikációs rendszerétől jövő adatokat átalakítjuk egy másik kommunikációs szabványra, továbbítjuk azt egy távoli helyre, majd ott visszaalakítjuk CAN adatokká, amiket a diagnosztikai eszköz már fel tud dolgozni.

A kutatás során egy közösségi közlekedési szolgáltató társaság esetében vizsgáltam a távdiagnosztikai rendszer kialakításának lehetőségét. A cégnek a központi telephelyén kívül még hat telephelye van, ahol igény merülhet fel a hibakódok kiolvasására és törlésére. A megbízó igényei alapján a váltó és a motor hibakódjainak olvasására és törlésére kellett csak fókuszálnia a kutatásnak. Csak olyan alternatívákat vizsgáltam, amik a meglévő rendszerükön működő megoldást jelent, illetve amik az egyetemen voltak

hozzáférhetőek, hogy az elméletet a gyakorlatban is kipróbálhassam. A következőkben ezeket a lehetséges kialakítási módokat mutatom be és értékelem.

#### 4.2.1 Vizsgált lehetséges kialakítások

##### 4.2.1.1 Távoli asztal kapcsolat VPN-el

Az egyik lehetséges távdiagnosztikai megoldás a cég telephelyei között kialakított VPN lehetőségeit használja ki. Ebben az esetben a telephelyeken el kell helyezni a szükséges gyári kommunikációs interfészeket a váltókhöz, motorokhoz. A távoli telephelyen biztosítani kell egy olyan számítógépet, mely hálózati kapcsolattal rendelkezik és a gyári diagnosztikai szoftverek futnak rajta. Ezt a számítógépet kell a gyári interfész segítségével az autóbushoz csatlakoztatni.

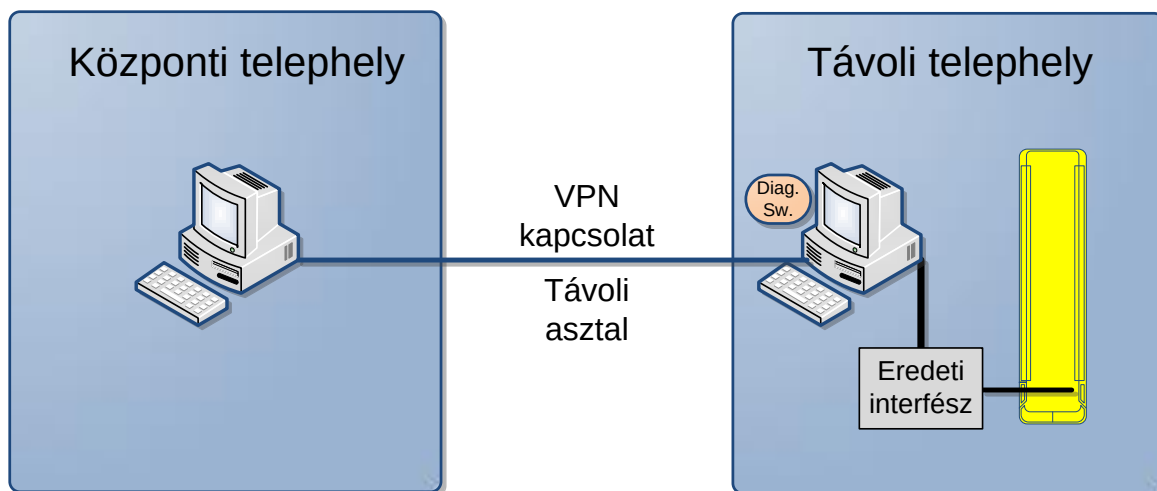
A diagnosztikát végző mérnök a központi telephelyen távoli asztal kapcsolattal tud a távoli telephely számítógépéhez csatlakozni és elvégezni a szükséges karbantartást.

A megoldás erőforrás igénye:

- 6 db számítógép.
- 6 db motordiagnosztikai interfész és szoftver.
- 6 db váltódiagnosztikai interfész és szoftver.
- További interfészek és szoftverek igénye is felmerülhet a rendszer bővítése során.
- Hálózati végpontok kialakítása a telephelyek műhelycsarnokaiban.

A megoldás előnyei:

- A diagnosztizálást végző mérnök utazási idejének és költségének megtakarítása.



4.1. ábra: A VPN alapú távoli asztal kapcsolat sémája

#### 4.2.1.2 CAN adatok átvitele telefonhálózaton

A fenti megoldásnál egy sokkal univerzálisabb és vélhetően költséghatékonyabb megoldást eredményezhet, ha az autóbusz CAN hálózati forgalmát próbáljuk meg eljuttatni a központi telephelyre.

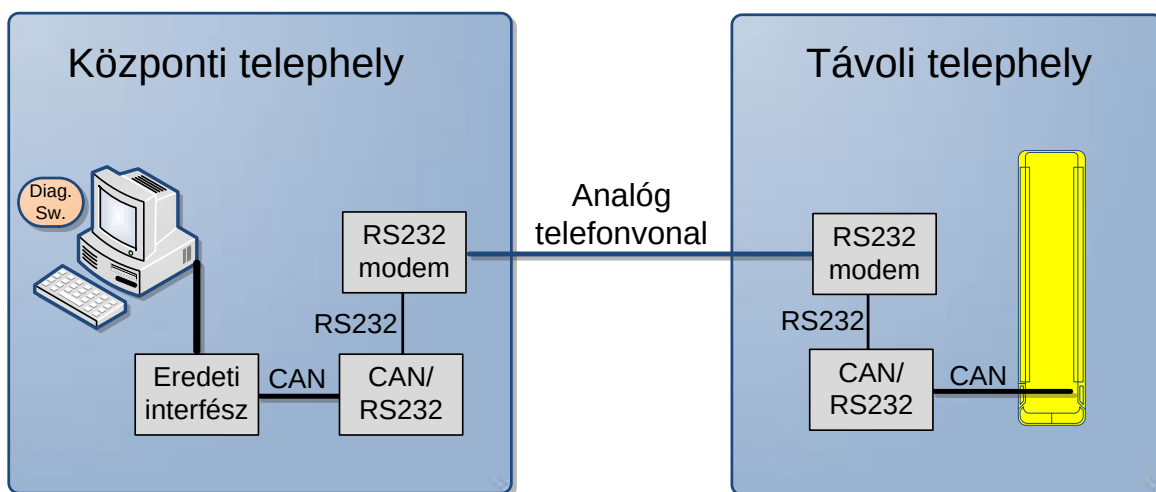
Ennek egyik lehetséges módja az, hogy az autóbuszra egy CAN/RS232 átalakítót illesztünk. Az RS232-es adatokat lehetőségünk van telefonmodemek segítségével a telefonhálózaton továbbítani. A központi telephelyen egy másik CAN/RS232 átalakítót kell elhelyezni, mely a modem és a CAN hálózat közti konverziót végzi. Ezzel a módszerrel gyakorlatilag az autóbusz diagnosztikai csatlakozóját virtuálisan elhelyezhetjük a központi telephely diagnosztikai mérnökének irodájában. Erre a CAN hálózatra kell rácsatlakoztatnia a diagnosztizálást végző mérnöknek a feladathoz, járműtípushoz szükséges gyári interfészt és az irodai gépén futtatnia a szükséges szoftvert.

A megoldás erőforrás igénye:

- 7 db CAN/RS232 átalakító.
- 7 db RS232 analóg modem.
- Telefon végpontok kialakítása a telephelyek műhelycsarnokaiban.

A megoldás előnyei:

- A gyári interfészekből és szoftverekből csak egy példányra van szükség.
- A diagnosztizálást végző mérnök utazási idejének és költségének megtakarítása.



4.2. ábra: A CAN adatok telefonhálózaton keresztüli továbbításának sémája



#### 4.2.1.3 CAN adatok átvitele GSM hálózaton adathívással

Ez a megoldás abban különbözik az előzőtől, hogy a távoli telephelyi vezetékes telefonos elérhetőséget GSM alapú mobil elérhetőségre cseréljük. Ezáltal nem csak a távoli telephelyeken, hanem akár egy utazás közben bekövetkezett műszaki hiba esetén is elvégezhető lehet a diagnosztizálás. A GSM oldalon olyan előfizetéssel kell rendelkezni, ami alkalmas a kétirányú adatkommunikációra, azaz adathívásra.

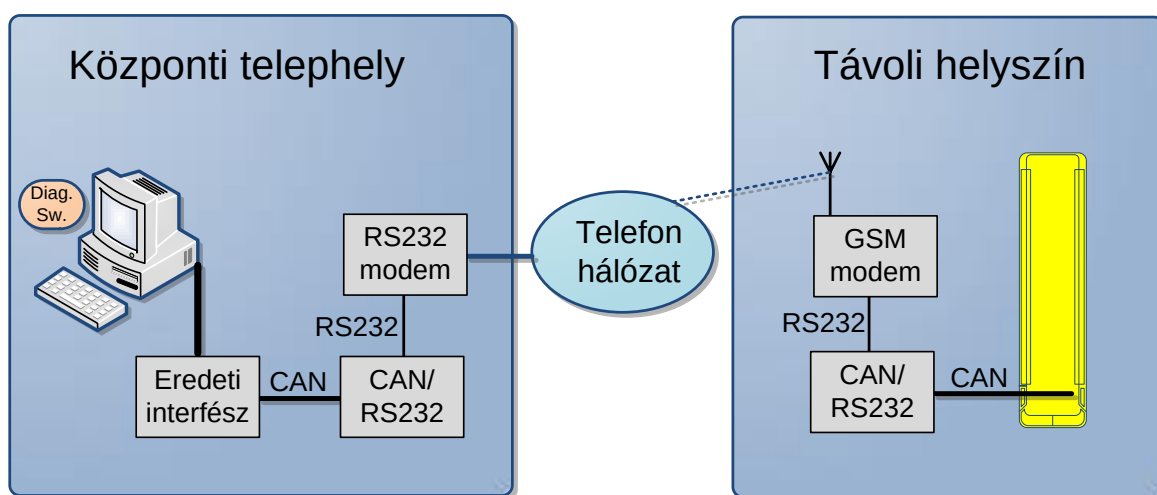
A megoldás erőforrás igénye:

- N+1 db CAN/RS232 átalakító.
- N db GSM modem.
- 1 db RS232 analóg modem.

Ahol, N: a távdiagnosztikával ellátott járművek száma.

A megoldás előnyei:

- A gyári interfészekből és szoftverekből csak egy példányra van szükség.
- A diagnosztizálást végző mérnök utazási idejének és költségének megtakarítása.
- Az ideális javítási, mentési mód meghatározhatósága.



4.3. ábra: A CAN adatok GSM adathívással történő továbbításának sémája

#### 4.2.1.4 CAN adatok átvitele GSM hálózaton GPRS kapcsolattal

Az előbbi GSM alapú adathívásos kapcsolat továbbfejlesztett változata. A központi telephelyen is egy GSM eszköz használatára, egy GPRS modemre van szükség. A járműveken szintén GPRS modemekre van szükség. A GPRS alapú átvitel nagyobb adatsebességet tesz lehetővé az adathívásos átvitelnél, de mivel a mobilszolgáltatók nem engedélyezik a két GPRS végpont közötti adatátvitel, így egy GPRS VPN hálózat kialakítása is szükséges.

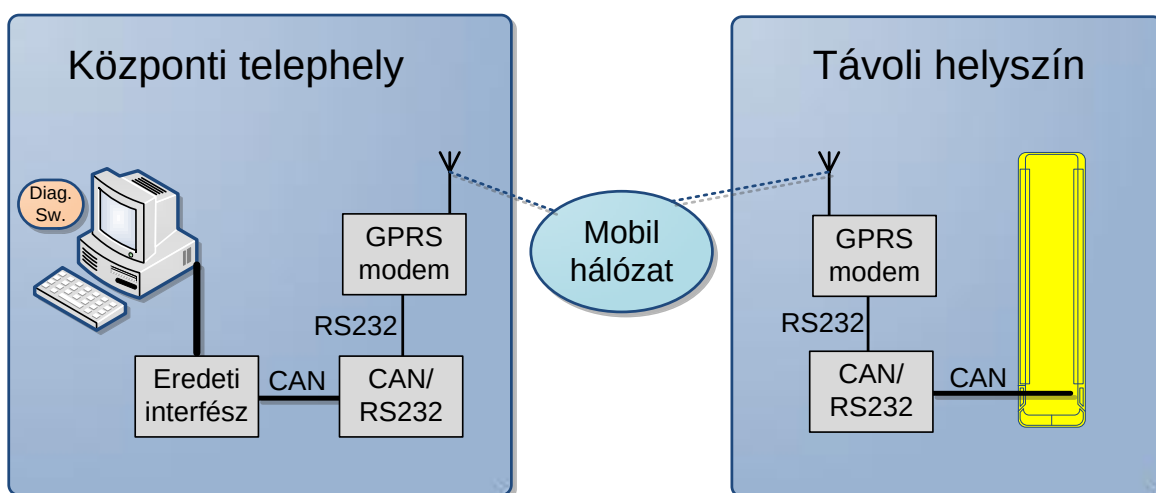
A megoldás erőforrás igénye:

- N+1 db CAN/RS232 átalakító.
- N+1 db GPRS modem.
- GPRS VPN kialakítása.

Ahol, N: a távdiagnosztikával ellátott járművek száma.

A megoldás előnyei:

- A gyári interfészekből és szoftverekből csak egy példányra van szükség.
- A diagnosztizálást végző mérnök utazási idejének és költségének megtakarítása.
- Az ideális javítási, mentési mód meghatározhatósága.



4.4. ábra: A CAN adatok GSM/GPRS kapcsolattal történő továbbításának sémája

#### 4.2.1.5 CAN adatok átvitele Ethernet hálózaton

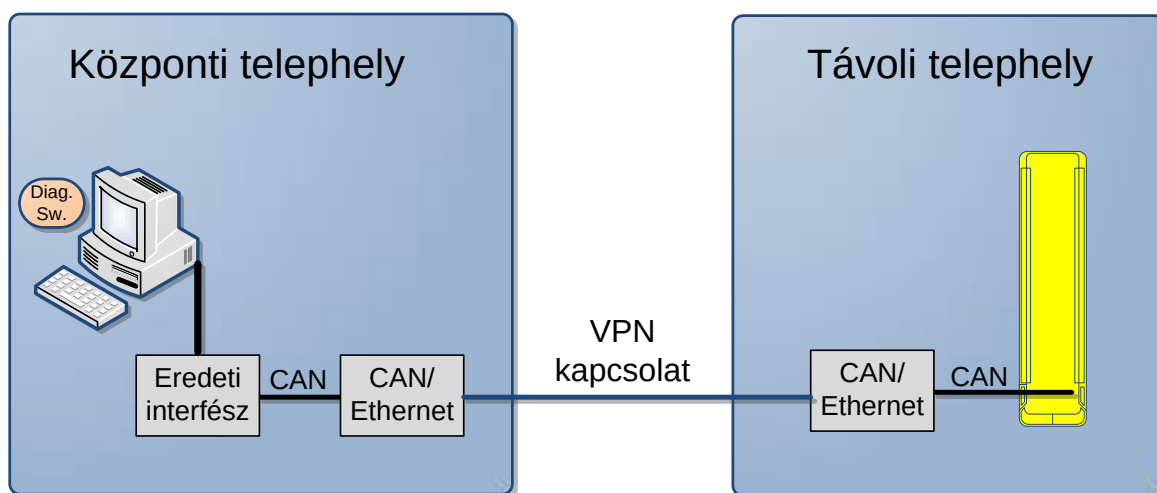
A céges informatikai infrastruktúra és a technológia fejlettsége miatt a konverterek sokszínűsége lehetővé tesz egy újabb kialakítási lehetőséget is. Ebben az esetben a CAN adatokat a cég VPN-be szervezett Ethernet hálózatán keresztül lehet továbbítani a távoli telephely és a központi telephely között.

A megoldás erőforrás igénye:

- 7 db CAN/Ethernet konverter.
- Hálózati végpontok kialakítása a telephelyek műhelycsarnokaiban.

A megoldás előnyei:

- A diagnosztizálást végző mérnök utazási idejének és költségének megtakarítása.



4.5. ábra: A CAN adatok Ethernet hálózaton történő továbbításának sémája

#### 4.2.1.6 CAN adatok átvitele telefonhálózaton, Ethernet modemmel

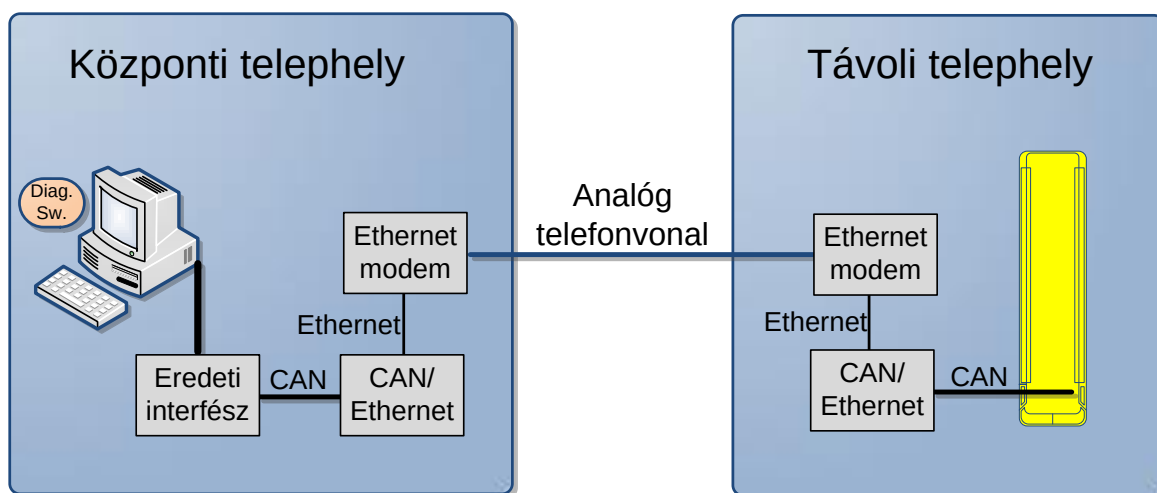
Az alábbi megoldással az előző pontban bemutatott módszert alkalmazzuk, csak a telephelyek között nem az Ethernet hálózaton történik az összeköttetés, hanem a már korábban is javasolt analóg telefonvonalival.

A megoldás erőforrás igénye:

- 7 db CAN/Ethernet átalakító.
- 7 db Ethernet analóg modem.
- Telefon végpontok kialakítása a telephelyek műhelycsarnokaiban.

A megoldás előnyei:

- A gyári interfészekből és szoftverekből csak egy példányra van szükség.
- A diagnosztizálást végző mérnök utazási idejének és költségének megtakarítása.



4.6. ábra: CAN/Ethernet adatok átvitele telefonhálózaton

#### 4.2.1.7 CAN adatok átvitele GSM hálózaton adathívással, Ethernet modemmel

Az alábbi megoldással a 4.2.5. pontban bemutatott módszert alkalmazzuk, csak a telephelyek között nem az Ethernet hálózaton történik az összeköttetés, hanem a 4.2.3. pontban bemutatott GSM adathívás segítségével.

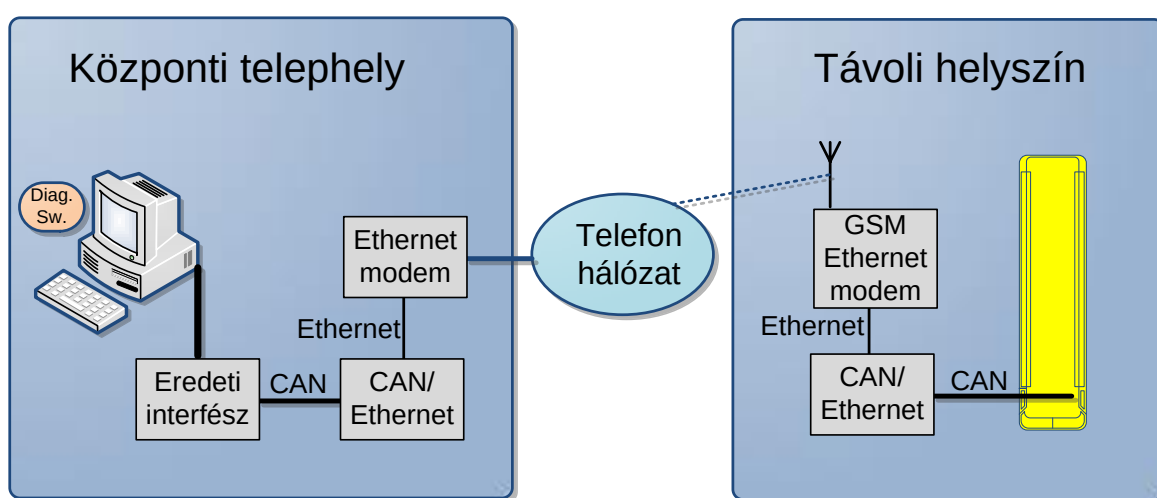
A megoldás erőforrás igénye:

- N+1 db CAN/Ethernet átalakító.
- N db GSM Ethernet modem.
- 1 db Ethernet analóg modem.

Ahol, N: a távdiagnosztikával ellátott járművek száma.

A megoldás előnyei:

- A gyári interfészekből és szoftverekből csak egy példányra van szükség.
- A diagnosztizálást végző mérnök utazási idejének és költségének megtakarítása.
- Az ideális javítási, mentési mód meghatározhatósága.



4.7. ábra: CAN/Ethernet adatok átvitele GSM hálózaton

#### 4.2.1.8 CAN adatok átvitele GSM hálózaton GPRS kapcsolattal, Ethernet modemmel

Az alábbi megoldással a 3.5. pontban bemutatott módszert alkalmazzuk, csak a telephelyek között nem az Ethernet hálózaton történik az összeköttetés, hanem a 3.4. pontban bemutatott GSM GPRS kapcsolat útján.

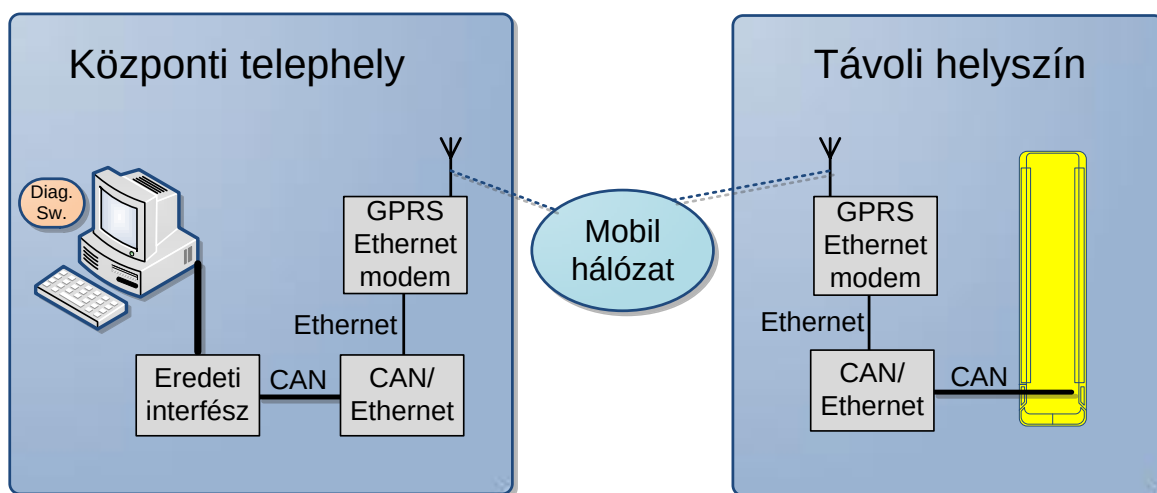
A megoldás erőforrás igénye:

- N+1 db CAN/Ethernet átalakító.
- N+1 db GPRS Ethernet modem.
- GPRS VPN kialakítása.

Ahol, N: a távdiagnosztikával ellátott járművek száma.

A megoldás előnyei:

- A gyári interfészekből és szoftverekből csak egy példányra van szükség.
- A diagnosztizálást végző mérnök utazási idejének és költségének megtakarítása.
- Az ideális javítási, mentési mód meghatározhatósága.



4.8. ábra: CAN/Ethernet adatok átvitele GSM hálózaton GPRS kapcsolattal

#### 4.2.2 PLC alapú kísérleti rendszer

Megterveztem és beüzemeltem egy olyan rendszert, ahol két PLC között CAN hálózaton keresztül történik adatcsere. Erre a rendszerre azért volt szükség, hogy a terepen végzendő mérésekre, lehetséges problémákra felkészüljünk és gördülékenyebben folyjanak az autóbuszos kísérletek.

PLC-nek a Moeller XC100-as típusú PLC-jét választottam, ami integrált CAN kommunikációs interfésszel rendelkezik. A CAN oldali kommunikáció sebessége egyszerű módon változtatható, ezért kitűnő tesztelési platformot biztosított számunkra a különböző konverterek tesztelésére.

Első mérésként a két PLC-t konfiguráltam fel és olyan programokat írtam rájuk, melyek a CAN interfészen keresztül küldenek és fogadnak adatot. A busz két végét a szabvány által megkövetelt 120Ω-os ellenállással zártam le.

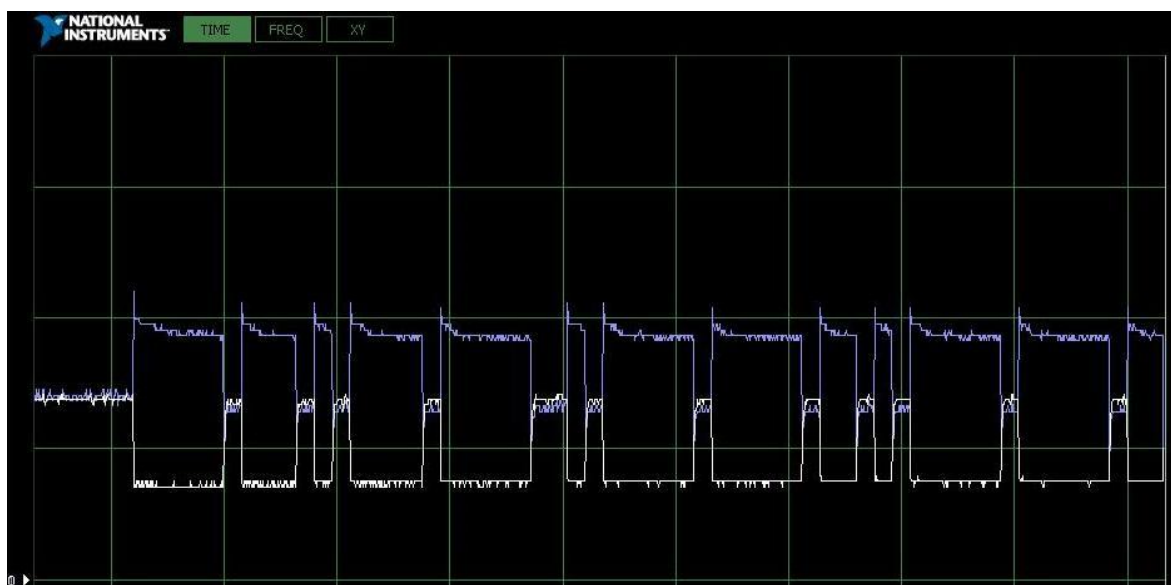


4.9. ábra: Két PLC összekötése CAN hálózaton

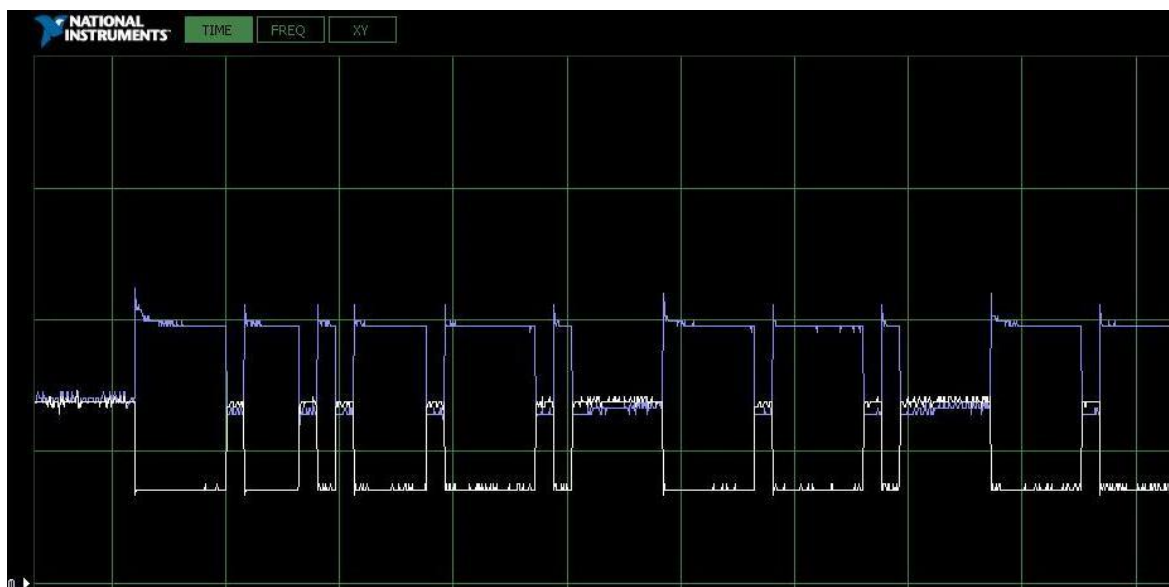


4.10. ábra: A kommunikációs vezeték bekötése

A fent vázolt rendszer beüzemelése után oszcilloszkópos méréseket végeztünk a CAN kommunikáció jelalakjának tanulmányozása céljából. Az itt megismert karakterisztikák segítségével a terepi mérések során felmerülő esetleges problémákra, azok okaira készültünk fel.



4.11. ábra: CAN jelalak 2 darab lezáró ellenállással



4.12. ábra: CAN jelalak 1 darab lezáró ellenállással



4.13. ábra: CAN jelalak lezáró ellenállás nélkül

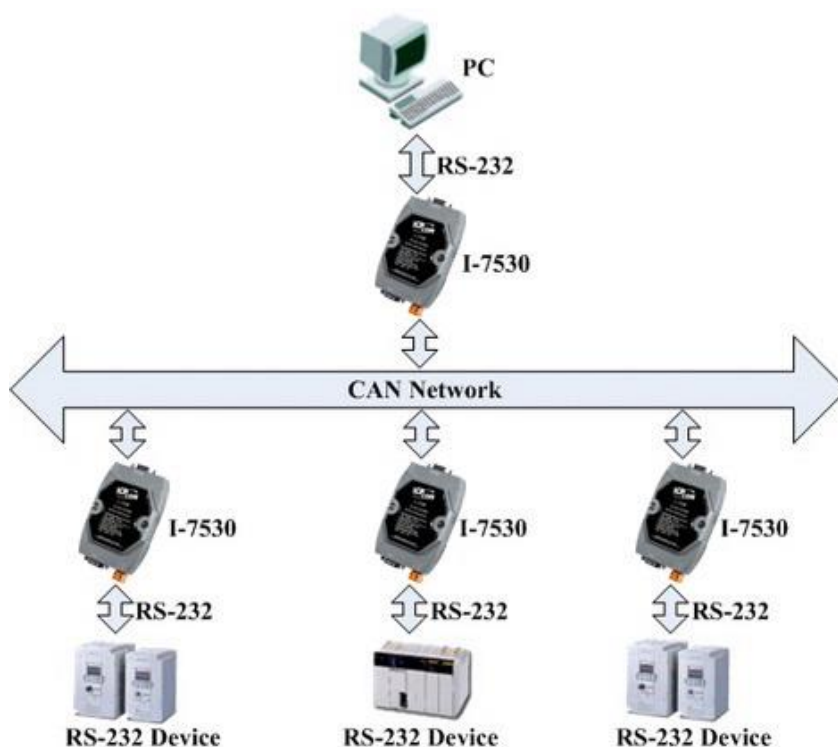
A fenti ábrákon jól látszik, hogy ha hiányzik a CAN busz végéről az egyik lezáró ellenállás, akkor a CAN\_H magas értéke feljebb tolódik. Mindkét véglezáró ellenállás hiánya esetén a CAN\_H és CAN\_L ideális esetben együtt futó része és a feszültség értékek eltolódnak, feszültségtüskék jelennek meg a jelalakon.



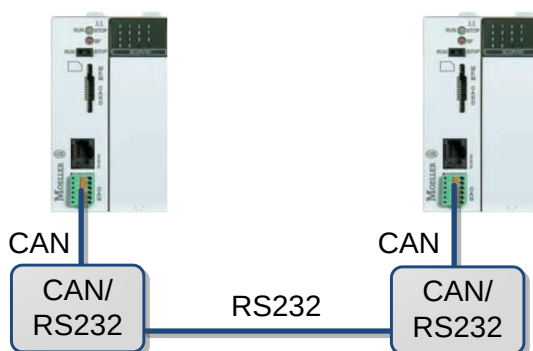
#### 4.2.3 CAN/RS232 – RS232/CAN konverzió

A következő elvégzett mérés során a távoli, RS232 alapú adatátvitelhez teszteltük le a CAN/RS232 konvertáló eszközt.

A feladathoz az ICP I-7530 típusú CAN/RS232 konvertert választottuk. A két konverter RS232-es oldalát egy keresztkábellel kell összekötni, hogy működjön a kommunikáció.



4.14. ábra: CAN/RS232 topológia ajánlás



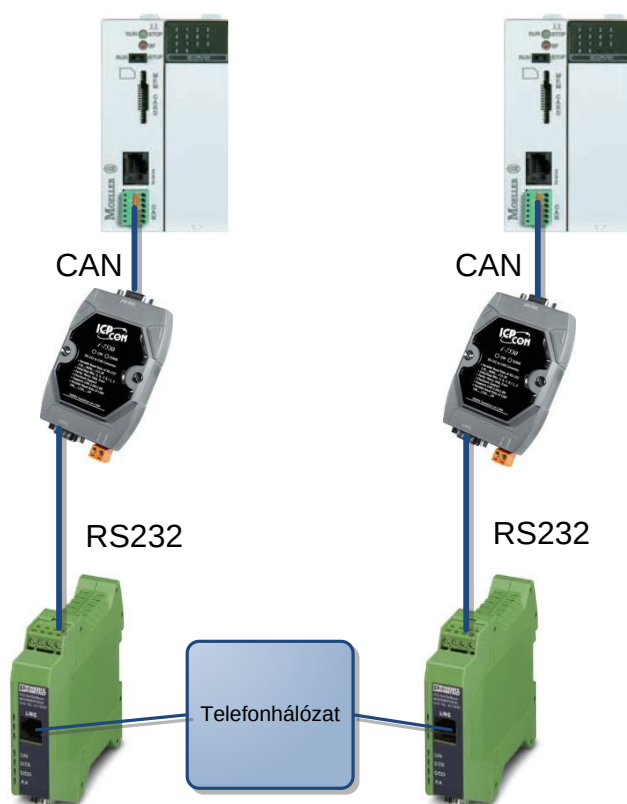
4.15. ábra: Két PLC összekötése CAN/RS232 konverter használatával

A fenti összeköttetés esetén a két PLC közötti CAN adatok átvitele hibátlanul működött, tehát a javasolt konverter alkalmas lehet a kitűzött célok elérésére.

#### 4.2.4 CAN adatok átvitele telefonhálózaton laboratóriumi körülmények között

A mérés során az előbbieken bemutatott konverter RS232-es jelét próbáljuk meg a közvetlen vezetékes összeköttetés helyett modemek segítségével, analóg telefonhálózaton átvinni.

Analóg modemnek a Phoenix Contact PSI-DATA/BASIC-MODEM/RS232 eszközt választottuk.



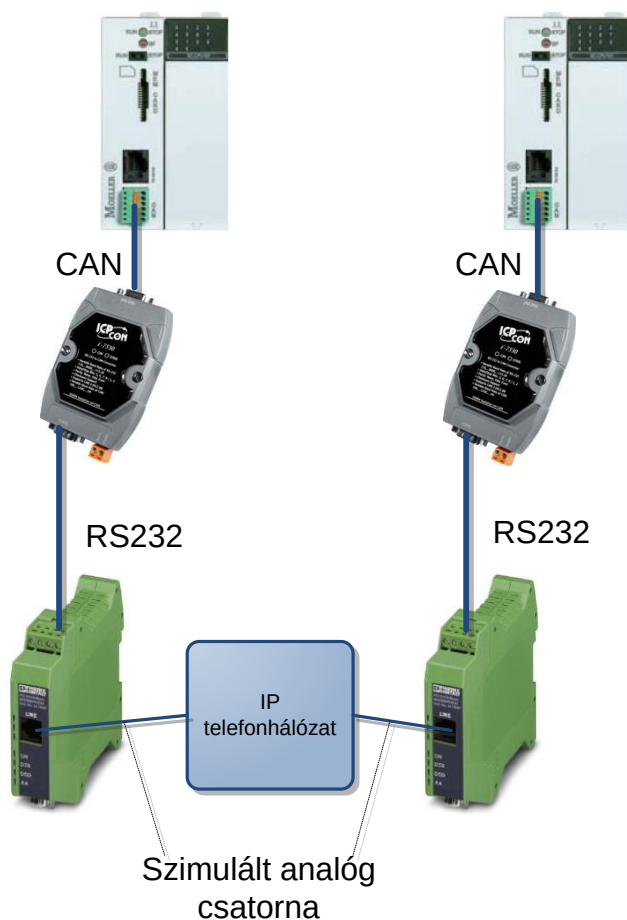
4.16. ábra: A CAN/RS232 konverter és az analóg modem használata

A fenti konfiguráció a Miskolci Egyetem belső telefonhálózatának mellékeire csatlakoztatva sikeresen átvitte az RS232-es adatokat, azaz a CAN kommunikációt és a két PLC közötti adatcsere működött. Ezek alapján feltételezhető, hogy a megbízó telephelyein is alkalmazható lesz ez a megoldás.

#### 4.2.5 CAN adatok átvitele telefonhálózaton a megbízó IP telefonhálózatán

A mérést a megbízó központi telephelyén végeztük. Az előző pontban használt eszközöket vittük ki a telephelyre és a leendő felhasználás helyén, a diagnosztizálást végző mérnök irodájában állítottuk össze. A megbízó telephelyein nem hagyományos analóg telefonhálózat működik, hanem IP telefonhálózat, amely alkalmas a végpontjain analóg szimulált vonalat biztosítani. Az analóg modemeket az iroda 1-1 végpontjára kötöttük és sikerült felépíteni a kapcsolatot közöttük.

Azt tapasztaltuk, hogy amennyiben a modem RS232-es interfészére adatokat juttatunk a CAN/RS232 konverterből a tárcsázás során, akkor sikertelen a kapcsolat-felépítés. Tehát a későbbiekben az autóbuszokon végzett mérések és a rendszer használata során oda kell figyelni a csatlakoztatási sorrendre: először a modemes kapcsolatot kell felépíteni, majd utána csatlakoztatni az autóbuszra kötött CAN/RS232 átalakítót.



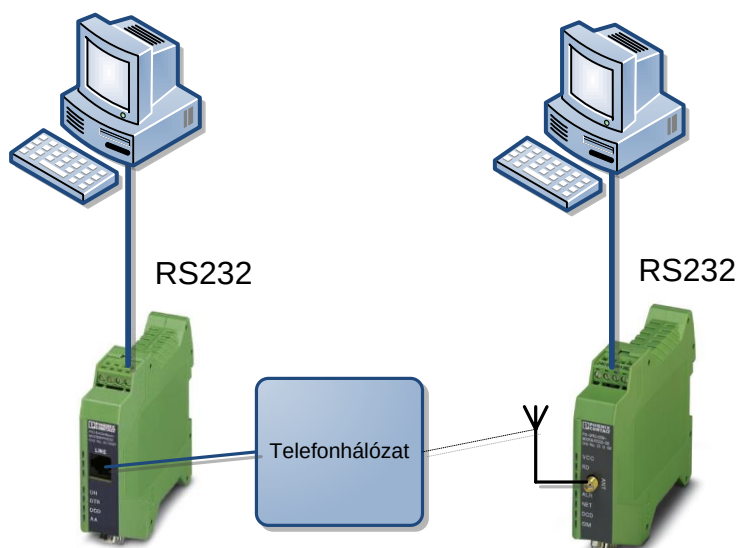
4.17. ábra: Analóg modem teszt a Borsod Volán telephelyén

#### 4.2.6 Adatok átvitele GSM adathívással

A mérés során a GSM adathívás lehetőségét, működőképességét vizsgáltuk. Az elképzelésem szerint az autóbuszokat amennyiben ellátjuk GSM modemmel, akkor a központi telephelyről egy telefonhívással csatlakozhatnánk az jármű CAN hálózatához. GSM modemnek a Phoenix Contact PSI-GPRS/GSM-MODEM/RS232-QB eszközt választottuk.

A rendszer beüzemelése során azzal szembesültünk, hogy egy hagyományos előfizetéssel rendelkező SIM kártyát helyezve a modembe az hívásra kicsengett, de a kapcsolat-felépítés sikertelen volt. Ennek az volt az oka, hogy az előfizetés nem rendelkezett adathívási opcióval. A tesztelesek céljából beszereztünk egy Telenor adathívásos előfizetést és azzal dolgoztunk a továbbiakban.

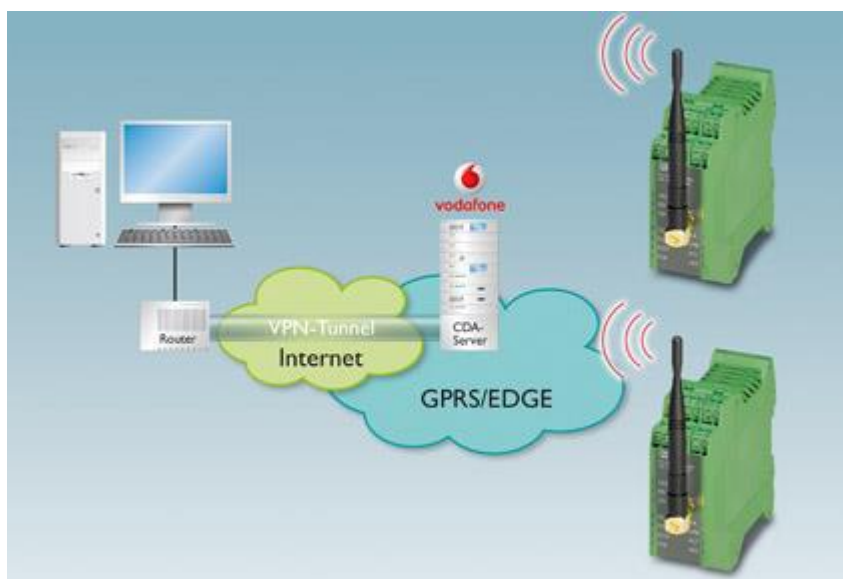
Az adatkártyával sikeres volt a kapcsolat-felépítés, de csak 9600 bps-el sikerült csatlakozni, ami a későbbiekben még problémás lehet, mert kevés lehet, ha nagy mennyiségű CAN adat továbbítását követeli meg a diagnosztizálás.



4.18. ábra: Adatátvitel analóg modem és GSM modem között

#### 4.2.7 Adatok átvitele GPRS/EDGE kapcsolattal

Amennyiben a GSM alapú adathívás 9,6k-s sebessége kevésnek bizonyul, szükség lehet egy gyorsabb adatátvitel lehetőségére. A GPRS/EDGE IP alapú, csomagkapcsolt átviteli módszer. Mindkét oldalon GSM alapú eszközök használata szükséges, melyekbe Internet előfizetéssel rendelkező SIM kártyát kell helyezni. A GPRS/EDGE kapcsolat esetén szolgáltatói szinten tiltva van a két pont közötti közvetlen adatátviteli kapcsolat. Az adatkapcsolat kialakításához egy VPN hálózatot kell kialakítani, amit megtehet a mobilszolgáltató, egy külső VPN szolgáltató, vagy arra is van lehetőség, hogy saját magunknak alakítsunk ki egy ilyen rendszert. GPRS/EDGE eszköznek az előző pontban bemutatott Phoenix Contact PSI-GPRS/GSM-MODEM/RS232-QB eszközt javasoljuk használni, valamint a VPN hálózat kialakításához a Phoenix Contact FL MGUARD RS VPN vagy FL MGUARD DELTA eszközt javasoljuk.

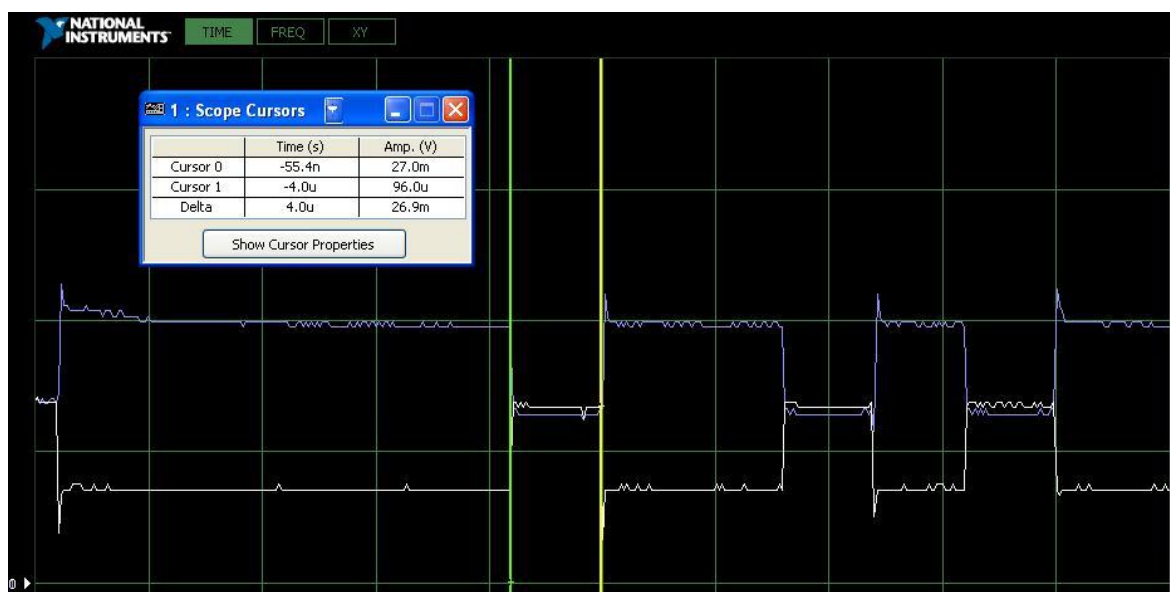


4.19. ábra: GPRS kapcsolat VPN-en

#### 4.2.8 CAN/RS232 konverzió autóbuszon

A mérés során azt próbáltuk meg elérni, hogy az autóbusz CAN hálózatát RS232-re konvertálva egy keresztkábelrel visszük át a másik konverterre, aminek a CAN oldalára csatlakoztatjuk rá a helyszínen a gyári diagnosztikai interfészt és a diagnosztizáló laptopot.

Első lépésként meg kellett határoznunk az autóbusz CAN kommunikációs rendszerének a sebességét. Egy oszcilloszkópos mérést végeztünk és onnan határoztuk meg a bitidőt, melyet 4  $\mu$ s-nak mértünk.



4.20. ábra: Mérés az autóbusz CAN átviteli sebességének meghatározásához

4.1 táblázat: CAN kommunikáció paraméterei

| Bitráta     | Busz hossza | Bit idő      |
|-------------|-------------|--------------|
| 1 Mbit/s    | 30 m        | 1 $\mu$ s    |
| 800 kbit/s  | 50 m        | 1,25 $\mu$ s |
| 500 kbit/s  | 100 m       | 2 $\mu$ s    |
| 250 kbit/s  | 250 m       | 4 $\mu$ s    |
| 125 kbit/s  | 500 m       | 8 $\mu$ s    |
| 62,5 kbit/s | 1000 m      | 20 $\mu$ s   |
| 20 kbit/s   | 2500 m      | 50 $\mu$ s   |
| 10 kbit/s   | 5000 m      | 100 $\mu$ s  |

A fenti táblázat alapján látható, hogy az autóbusz CAN kommunikációs rendszerének sebessége 250 kbit/s, tehát a CAN/RS232 konvertert erre a sebességre, valamint CAN2.0B-re kell konfigurálnunk.

A konverter RS232-es oldalát a maximális 115,2 kbit/s-re állítottuk és csatlakoztattuk az autóbusz CAN hálózatra.

A mérés során azt tapasztaltuk, hogy a konverter fogadó buffere 8 másodperc alatt megtelt a maximális kimenő RS232-es oldali sebesség mellett is.

Ezen oknál fogva az elképzelésem, hogy a CAN kommunikációt RS232-re konvertálva továbbítjuk valamilyen vezetékes, vagy vezeték nélküli átviteli módon, megoldóni látszott.

Itt három lehetőségre teszek javaslatot:

- Az egyik lehetőség az az, hogy valamilyen módon megpróbáljuk csökkenteni a CAN adatok mennyiségét. A jövőbeni fejlesztéseket el lehetne vinni egy olyan irányba, hogy a motor és a váltó diagnosztizálásához nem szükséges CAN eszközöket leválasztjuk a kommunikációs rendszerről. Ezzel gyakorlatilag egy diagnosztikai üzemállapotot lehetne definiálni.
- Egy másik lehetőség lehet, ha a diagnosztizálás idejére le lehetne csökkenteni a CAN hálózat sebességét, ami a buffer telítődése alapján valahol 115,2 és 250 kbit/s között van.
- A harmadik lehetőség pedig az, hogy nem RS232-re konvertáljuk a CAN rendszerünket, hanem Ethernet alapon próbáljuk továbbítani.

A váltó és motor CAN alrendszerének a sebességmódosítására a gyártó bevonása nélkül nincs lehetőség.

A CAN adatok csökkentése nem tárgya a disszertációnak, de egy hallgatóm vizsgálta ezt a lehetőséget később, így egy pár gondolatot kölok még erről a későbbiekben.

A választott út az Ethernet alapúra konvertálás volt.

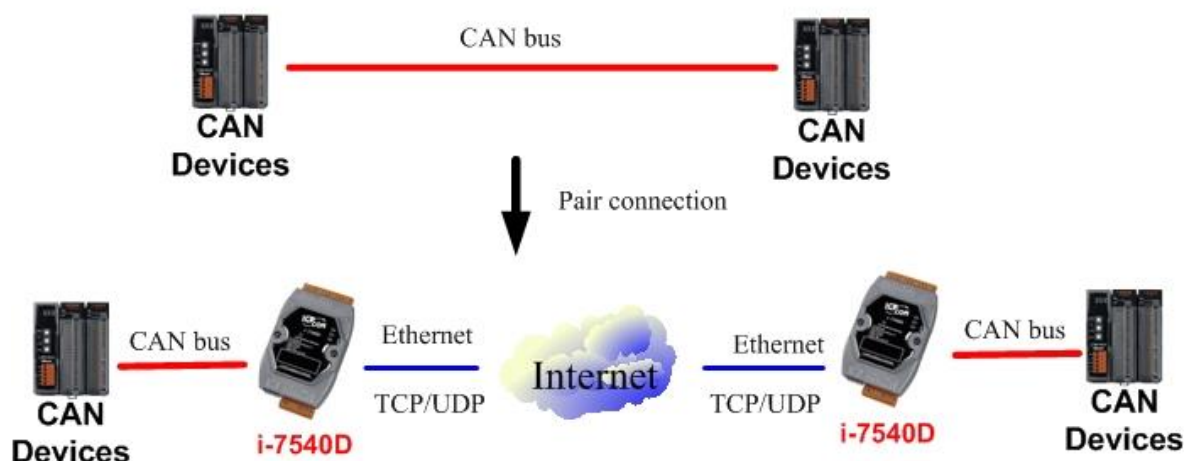
#### **4.2.9 CAN/Ethernet konverzió autóbuszon**

A következő mérési kialakítás során a CAN adatokat Ethernet hálózaton keresztül kíséreljük meg továbbítani. Elvileg túlcordulással nem szabad ebben az esetben találkozunk, mivel a 250kbit/s sebességű CAN hálózat továbbítódna egy 10/100Mbit/s sebességű Ethernet hálózaton. Kiépített Ethernet hálózattal rendelkezik a megbízó, így az infrastrukturális feltételek adottak egy ilyen rendszer működtetéséhez.

Az általunk javasolt eszköz az ICP I-7540D típusú CAN/Ethernet átváltó. A gyártó kifejezetten javasolja ezt a típusú eszközt olyan topológiai kialakításra, amelyre a megbízónak is szüksége van.



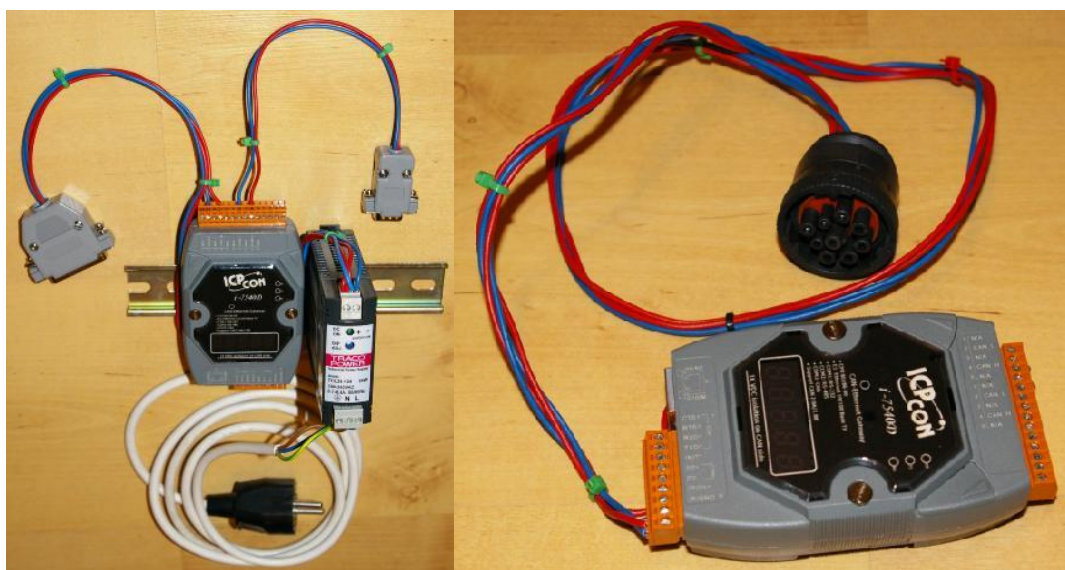
## Application 2 – Extend CAN communication distance



4.21. ábra: CAN/Ethernet konverter topológia ajánlás

A fenti ábrán látható, hogy a CAN kommunikációs csatorna Ethernet alapú továbbítására alkalmas két párba konfigurált eszköz.

A fenti alapokon elkészítettük az autóbusz- és iroda oldali berendezéseket kísérleti mérések végzése céljából.



4.22. ábra: CAN/Ethernet konverterek kísérleti célra



Az egységeket sikeresen használtuk az autóbuszon, a központi telephely hálózatán és a telephelyek közötti VPN hálózaton is. A megbízó megrendelte tőlünk a rendszer prototípusát, amit a hordozhatóság biztosítása céljából bőröndökbe szereltünk.

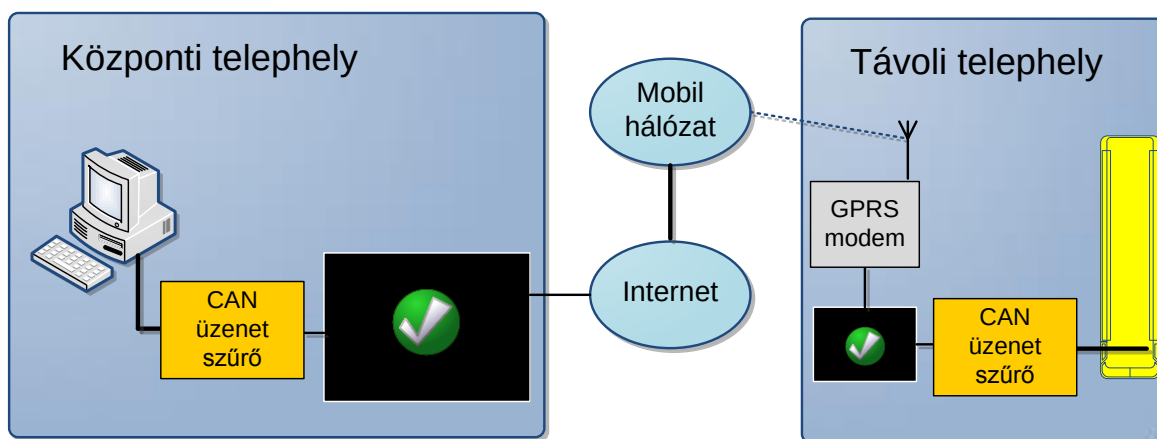


*4.23. ábra: CAN/Ethernet konverter alapú prototípus*

### **4.3 Összefoglalás, továbbfejlesztési lehetőség**

A kutatás eredményeként megszületett egy olyan rendszer, mely alkalmas a motor és a váltó hibakódjainak kiolvasására és törlésére oly módon, hogy az autóbusz CAN kommunikációs üzenetforgalmát Ethernet hálózaton keresztül továbbítja.

A működő megoldásunk kijelölte a kutatás további irányát is, miszerint a már korábban is gondolt CAN üzenetforgalom csökkentése által megvalósítható lehet az úton lévő járművek hibakódjainak olvasása/törlése.



4.24. ábra: CAN adatforgalom csökkentése üzenetszűréssel

Az üzenetszűréssel a későbbiekben egy hallgatóm foglalkozott, aki TDK dolgozatot [31] írt a témában, amivel kijutott a 2013-as OTDK konferenciára. A témával tovább foglalkozva diplomamunkáját [32] is ebből írta, amivel 2013 júniusában elnyerte a Bosch-díjat is.

Az elért eredményeinkre alapozva 2013.01.31-én bejelentést tettünk a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatalához P1300057-es ügyszámon, „Távdiagnosztikai rendszer járművek műszaki állapotának ellenőrzésére” címmel. A feltalálók között szerepel két volt kollégám/hallgatóm, akik a mérések elvégzésében voltak segítségemre, valamint a kutatást lehetővé tevő egyetemi és céges vezetők, valamint én. A bejelentésünk 2014.10.28-án megjelent a Szabadalmi Közlöny és Védjegyértesítőben. [33]

#### 4.4 Új tudományos eredmények

- 4. Tézis: Kidolgoztam egy olyan módszert, mely alkalmas az autóbuszoknál a motor és váltó hibakódjainak távoli kiolvasására és törlésére a jármű CAN hálózatának Ethernet hálózaton keresztüli kiterjesztése által.**

*Az általam kidolgozott módszert alkalmazva a diagnosztikai mérnök a gyári diagnosztikai szoftver és hardver segítségével képes a hibakódokat távolról kiolvasni és törölni. Az alternatív megoldások, szóba jöhető protokollok vizsgálata által kidolgoztam a CAN hálózati adatok Ethernet hálózaton történő továbbításának feltételrendszerét. A megoldás a CAN adatok Ethernet hálózaton történő továbbításán alapulva szükségtelenné teszi a mérnöki helyszíni jelenlétet. [S2, S3, S17, S29, S30]*

- 5. Tézis: Kidolgoztam egy általános célú, nem helyhez kötött, paraméterezhető szűrési lehetőséggel ellátott, redukált adatmennyiséggel is üzemelő távdiagnosztikai rendszert járművek műszaki állapotának ellenőrzésére.**

*A 4. tételben bemutatott módszert egy programozható járműoldali egységgel és üzenetszűrési funkcióval láttam el. A szűrési algoritmusok megfelelő megválasztásával előállt az a minimálisan szükséges adatmennyiség, ami által GSM hálózaton keresztül is használhatóvá vált a diagnosztikai rendszer. A GSM kapcsolatnak köszönhetően hatékonyabbá válik a hibaelhárítás, műszaki mentés folyamata. A paraméterezhető szűrési algoritmusok következtében többféle járműre is alkalmazható a módszer. [S1, S5, S10, S12, S14, S18, S27, S29, S30]*

## 5 Az értekezés tézisei

1. **Tézis: Kidolgoztam egy olyan új eljárást, mely segítségével a DeltaV rendszerben létező egymodulos dynamo eljárást kiterjesztettem több vezérlőmodulra is. Az eljárás alkalmazásával eredményesen csökkentettem a mérnöki munkaidő-szükségletet és a hibázás lehetőségét az objektum orientáltságból ismert bezárási tulajdonság kezelői képernyők készítése során történő direkt használatával. Az eljárás segítségével  $t_{nyereség} = m * n * \frac{13,4237}{3600} - \frac{n*60+180}{3600} [h]$  időnyereség érhető el, ahol  $n$  az animálási paraméterek száma,  $m$  a példányok száma.**

*Az általam kidolgozott eljárás segítségével - amennyiben az együtt kezelendő vezérlőmodulok elnevezésében a szükséges szabályosság megtalálható – a DeltaV DCS rendszer operátori kezelőfelület készítése során, a több példányban felhasznált grafikai objektumoknak a vezérlőmodulokkal történő összerendelését leegyszerűsítő dynamo eljárást kiterjesztettem a több vezérlőmodullal történő összerendelésre.*

*A kidolgozott eljárásom a több vezérlőmodulhoz kapcsolódó grafikai objektumok animálási paramétereinek egyenként történő kézi konfigurálása helyett lehetővé teszi azok egy adatbevitellel történő újrakonfigurálását a grafika objektum orientáltságának kihasználásával. A módszerem által a felhasznált grafikai objektumok példányszámától és azok animálási paramétereinek számától függően a fent definiált képlet alapján számítható mérnöki munkaidő-szükséglet csökkenés elérését teszi lehetővé. (A képletben a 13,4237 a hagyományos módszer alkalmazása során mért, egy animálási paraméter módosításának időszükséglete másodpercben; a 60 az egy animálási paraméter módosítását lehetővé tevő script-részlet elkészítési ideje másodpercben; a 180 a paraméterező adatbeviteli ablak elkészítésének ideje másodpercben.) A kidolgozott eljárás működési elvének köszönhetően a hibátlanra minősített szülőpéldányból származtatott példányok esetében az animálási paraméterek módosítása során előforduló hibázás lehetősége nullára csökkenthető. [S21, S24, S26]*

**2. Tézis: Kidolgoztam egy egyszerűsített erőmű modellt, amely alkalmas terheléelosztási stratégiák vizsgálatára.**

*Az általam kidolgozott egyszerűsített erőmű modellben egy PLC helyettesíti az erőmű irányítórendszerét, melyhez OPC kapcsolaton keresztül kapcsolódnak a modell egyes moduljai. Az egyik modul képes a termelési igények fájlból történő bejuttatására az irányítórendszerbe, amit a terheléelosztási stratégiákat megvalósító modul használ fel. A modell részét képezi az a blokkok üzemét szimuláló modul, mely a szabályozó alapjelek hatására a programozott, akkreditált, időegység alatt elérhető terhelélnövelési képesség, azaz terhelésváltoztatási gradiensek alapján képes a szimulált terhelési értékek szolgáltatására. A modell grafikonokon szemlélteti az egyes blokkok terheléseit a szabályozó alapjelekkel együtt. [S11, S15, S31]*

**3. Tézis: Az egyszerűsített erőmű modell használatával terheléelosztási módszereket dolgoztam ki erőművek két- és három-blokkos üzemére, amelyek segítségével vagy a termelési költség csökken, vagy a felterhelés esetén az eredő, időegység alatti terhelélnövelési képesség javulásával a villamos-energia hálózat biztonsága javul. Két-blokkos üzem esetén a módszerem azon esetét alkalmazva, amikor az egyenlő mértékű elosztás által javasolt szakaszt egy nagyobb terhelélnövekedést biztosító szakasz követi, az  $Y = igény - B1_a$  és  $X = igény - Y$  összefüggések (ahol  $X$  az első blokk,  $Y$  a második blokk keresett munkapontja, az *igény* a kívánt összteljesítmény, a  $B1_a$  az első blokk aktuális működési tartományának az alja) által kijelölt munkapontok egy felterhelési igény esetén hamarabb képesek nagyobb meredekségű eredő terhelélnövekedést biztosítani, mint az egyenlő mértékű elosztás.**

*Levezettem az erőművek két- és három-blokkos üzemére a gazdasági optimumokat adó képleteket, majd javaslatot tettem a termelőegységek műszaki korlátaikat is figyelembe vevő, irányítórendszerbeli algoritmusra. Kidolgoztam egy olyan új terheléelosztási stratégiát, amely segítségével két- és három-blokkos üzem esetén a blokkok felterhelési gradienseinek ismeretében a munkapontokat úgy választom meg, hogy a lehető legrövidebb időn belül, a lehető legnagyobb meredekséggel lehessen a terhelést növelni. [S6, S9, S13, S19, S23, S31]*

- 4. Tézis: Kidolgoztam egy olyan módszert, mely alkalmas az autóbuszoknál a motor és váltó hibakódjainak távoli kiolvasására és törlésére a jármű CAN hálózatának Ethernet hálózaton keresztüli kiterjesztése által.**

*Az általam kidolgozott módszert alkalmazva a diagnosztikai mérnök a gyári diagnosztikai szoftver és hardver segítségével képes a hibakódokat távolról kiolvasni és törölni. Az alternatív megoldások, szóba jöhető protokollok vizsgálata által kidolgoztam a CAN hálózati adatok Ethernet hálózaton történő továbbításának feltételrendszerét. A megoldás a CAN adatok Ethernet hálózaton történő továbbításán alapulva szükségtelenné teszi a mérnöki helyszíni jelenlétet. [S2, S3, S17, S29, S30]*

- 5. Tézis: Kidolgoztam egy általános célú, nem helyhez kötött, paraméterevezhető szűrési lehetőséggel ellátott, redukált adatmennyiséggel is üzemelő távdiagnosztikai rendszert járművek műszaki állapotának ellenőrzésére.**

*A 4. tételben bemutatott módszert egy programozható járműoldali egységgel és üzenetszűrési funkcióval láttam el. A szűrési algoritmusok megfelelő megválasztásával előállt az a minimálisan szükséges adatmennyiség, ami által GSM hálózaton keresztül is használhatóvá vált a diagnosztikai rendszer. A GSM kapcsolatnak köszönhetően hatékonyabbá válik a hibaelhárítás, műszaki mentés folyamata. A paraméterevezhető szűrési algoritmusok következtében többféle járműre is alkalmazható a módszer. [S1, S5, S10, S12, S14, S18, S27, S29, S30]*

## **6 Összefoglalás**

A doktori értekezésemben az irányítástechnikai rendszerek egyes részterületeinek kutatásával foglalkoztam. Három különböző területről emeltem ki feladatokat, melyek mindegyike ipari, járműipari kötődésű, de az irányítástechnika témaköréhez kapcsolódik. A vizsgált területeken, a mérnöki feladatokon túlmutató kutatási tevékenységeket kellett folytatni az eredmények eléréséhez.

Egy rekonstrukciós projekt kapcsán szembesültem egy olyan problémával, aminek a megoldását megkeresve egy új módszert dolgoztam ki. Ez az új módszer az irányítástechnikai rekonstrukciós projektek során készített operátori kezelőfelületek konfigurációs hibának és mérnöki munkaóra-szükségletének csökkentésére alkalmas.

Később az irányítórendszerek szoftverfejlesztési és rendszerintegrációs kérdéseit kutattam. Főként az OPC alapú egyedi rendszerek fejlesztését és azok folyamatirányító rendszerhez történő illesztését vizsgáltam. A disszertációm egyik fejezetében egy erőművi környezetben kialakított, egyedi fejlesztésű terheléelosztási rendszert és az ahhoz kapcsolódó egyedi fejlesztésű OPC kommunikáción alapuló modellt mutatok be. A modell használatával terheléelosztási módszereket dolgoztam ki erőművek két- és három-blokkos üzemére, amelyek segítségével vagy a termelési költség csökkenthető, vagy a felterhelés esetén az eredő, időegység alatti terhelésnövelési képesség javítható.

Az irányítástechnikai területen szerzett ipari tapasztalatokat felhasználva, járművek távoli hibakód olvasására/törlésére alkalmas rendszer kialakítási lehetőségeit vizsgáltam. Ennek keretében született meg az a bemutatott eszközrendszer, mely segítségével többtelephelyes karbantartás esetében a szükséges eszközök száma és a karbantartó személyzet utazási szüksége jelentős módon csökkenthető. Valamint kidolgoztam egy általános célú távdiagnosztikai rendszert járművek műszaki állapotának ellenőrzésére.

## 7 Summary

In my PhD dissertation I introduce my research results at different fields of control engineering. My results are the following:

Theorem 1: I made a new method for the DeltaV system with which I extended the basic one-module dynamo creation process for multi-module dynamos. With the help of the method I was able to save engineering work time and I could lower the possibilities of making mistakes with the direct use of encapsulation known from object oriented programming during the creation of operator graphics. With my method we can reach  $t_{saving} = m * n * \frac{13,4237}{3600} - \frac{n*60+180}{3600} [h]$  engineering work time reduction, where  $n$  is the number of animation parameters, and  $m$  is the number of copies.

Theorem 2: I worked out a simplified power plant model which is suitable for the inspection of load distribution strategies.

Theorem 3: With the usage of the simplified power plant model I worked out load distribution methods for two and three operating power plant units. With the methods productions costs gets lower or during upload the load change capability and the stability of the power grid increases. If we use one of the cases from my method when we have two operating plant units, we can have a higher load change capability. The case is that, when a better phase follows the phase used by the equal load distribution. We can get the proper set points if we use the following:  $Y=request - B1_a$  and  $X=request - Y$  (where  $X$  is the first plant unit's,  $Y$  is the second plant unit's searched set point, the *request* is the requested sum load, the  $B1_a$  is the lowest load value of the used operating range at the first plant unit.)

Theorem 4: I worked out a method which is able to read and delete the failure codes remotely of the engine and transmission system of a bus with the extension of the vehicle's CAN network with Ethernet network.



Theorem 5: I worked out a general purpose, mobile remote diagnostics system for the inspection of vehicles. The system is able to operate with reduced data provided by a parametric filtering capability.

## 8 Irodalomjegyzék

### 8.1 Értekezés témakörében készült saját publikációk

#### Lektorált, idegen nyelven megjelent publikációk

- S1. **Attila Trohák**, Béla Illés, Zoltán Biró: CAN Message Filter Algorithms for Remote Diagnostics of Vehicles, Applied Mechanics and Materials Vol. 309 (2013) pp 213-220, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.309.213
- S2. **Trohák, A.**, Kolozsi-Tóth, M., Rádi, P., Méhes, L., Biró, Z.: The development of a remote diagnostic system for vehicles, Advanced Logistic Systems Volume 5., HU ISSN 1789-2198, 2011, pp. 216-220.
- S3. **Attila Trohák**, Máté Kolozsi-Tóth, Péter Rádi, László Méhes, Zoltán Biró: The Development of a Remote Diagnostic System for Vehicles, PROCEEDINGS OF THE II CENTRAL EUROPEAN CONFERENCE ON LOGISTICS 2011, ISBN 978-83-61118-67-1, October 2011, pp. 115-120.
- S4. **Attila Trohák**, Máté Kolozsi-Tóth: The Research of Wireless Industrial Communication Systems for Mechatronic and Logistics Systems, Proceedings of the 10th International Conference Modern Technologies in Manufacturing, ISBN 978-606-8372-02-0, October 2011, pp. 315-318.
- S5. István Ajtonyi, Béla Illés, György Sárközi, **Attila Trohák**: Wireless Remote Diagnostics in the Automotive Industry, ISW-DCS 2 konferencia, 2011.10.24., Lillafüred
- S6. **Trohák Attila**: The Research and Modeling of Load Distribution Strategies in Power Plants, ISW-DCS 1 konferencia, 2010.10.26., Lillafüred

- S7. **Attila Trohák:** Research of Industrial Communication for Distributed Manufacturing Systems, Proceedings of the 8th International Conference Modern Technologies in Manufacturing, ISBN 973-9087-83-3, October 2007, pp. 445-448.

**Lektorált, magyar nyelven megjelent publikációk**

- S8. **Trohák Attila:** Ipari kommunikációs rendszerek mechatronikai és logisztikai rendszerekben, GÉP – A Gépipari Tudományos Egyesület Műszaki Folyóirata, 2013/1. Szám, ISSN 0016-8572
- S9. **Trohák Attila:** Terheléelosztási stratégiák összehasonlítása erőművek hatékonyságnövelése céljából, Műszaki Füzetek – Műszaki Tudomány az Észak-Kelet Magyarországi Régióban 2012, ISSN 2060-7954
- S10. **Trohák Attila,** Biró Zoltán, Kolozsi-Tóth Máté: Szűrési eljárások összehasonlítása járművek GSM alapú távdiagnosztizálási céljából, Műszaki Füzetek – Műszaki Tudomány az Észak-Kelet Magyarországi Régióban 2012, ISSN 2060-7954
- S11. **Trohák Attila:** Terheléelosztási algoritmusok tesztelésére alkalmas rendszer tervezése, GÉP – A Gépipari Tudományos Egyesület Műszaki Folyóirata, LXIII. Évfolyam 2012/5. Szám, ISSN 0016-8572
- S12. **Trohák Attila,** Biró Zoltán, Kolozsi-Tóth Máté: Autóbuszok távdiagnosztizálása GSM hálózaton keresztül, GÉP – A Gépipari Tudományos Egyesület Műszaki Folyóirata, LXIII. Évfolyam 2012/5. Szám, ISSN 0016-8572
- S13. **TROHÁK Attila:** Terheléelosztási stratégiák kutatása erőművek hatékonyságnövelése céljából, FMTÜ XVII. nemzetközi tudományos konferencia, ISSN 2067-6808, 2012.03.21.,
- S14. **BIRÓ Zoltán, TROHÁK Attila:** Szűrési eljárások kutatása járművek GSM alapú távdiagnosztikai rendszerének kifejlesztése céljából, FMTÜ XVII. nemzetközi tudományos konferencia, ISSN 2067-6808, 2012.03.21., pp. 47-50.

**Nem lektorált, magyar nyelven megjelent publikációk**

- S15. **Trohák Attila:** Erőművi terhelés-elosztási stratégiák és megoldások kutatása és modellezése a hatásfoknövelés és a rugalmas terhelésváltoztatás céljából, Doktoranduszok Fóruma 2009, Gépészmérnöki és Informatikai Kar szekciókiadványa, pp. 176-181

**Szakmai tudományos előadások idegen nyelven**

- S16. **Attila Trohák, Máté Kolozsi-Tóth:** The Research of Wireless Industrial Communication Systems for Mechatronic and Logistics Systems, 10th International Conference Modern Technologies in Manufacturing, October 2011
- S17. **Attila Trohák, Máté Kolozsi-Tóth, Péter Rádi, László Méhes, Zoltán Biró:** The Development of a Remote Diagnostic System for Vehicles, II CENTRAL EUROPEAN CONFERENCE ON LOGISTICS 2011, October 2011
- S18. István Ajtonyi, Béla Illés, György Sárközi, **Attila Trohák:** Wireless Remote Diagnostics in the Automotive Industry, ISW-DCS 2 konferencia, 2011.10.24., Lillafüred
- S19. **Trohák Attila:** The Research and Modeling of Load Distribution Strategies in Power Plants, ISW-DCS 1 konferencia, 2010.10.26, Lillafüred
- S20. **Trohák Attila:** Research of Industrial Communication for Distributed Manufacturing Systems, MTeM'2007 konferencia, 2007.10.03-06., Kolozsvár, Románia
- S21. **Trohák Attila:** How To Create A Multi-module Dynamo In DeltaV, Emerson Global Users Exchange, 2007.09.10-14., Grapevine, Texas, USA

## **Szakmai tudományos előadások magyar nyelven**

- S22. Dr. Ajtonyi István, Prof. Dr. Illés Béla, Dr. Kovács László, Sárközi György, **Trohák Attila**, Wagner György: Jármű diagnosztikai és WEB alapú járatigénylési rendszer kifejlesztése, Gépészmérnöki és informatikai kutatási eredmények disszeminációja a GOP-1.1.2-08/1 pályázat keretében, 2011.07.08., Miskolc
- S23. **Trohák Attila**: Erőművi terhelés-elosztási stratégiák és megoldások kutatása és modellezése a hatásfoknövelés és a rugalmas terhelésváltoztatás céljából, Doktoranduszok Fóruma 2009, 2009., Miskolc
- S24. **Trohák Attila**: Irányítórendszerek hatékonyságának növelését célzó vizsgálatok, kutatások, Doktori Iskola Szeminárium, 2009., Miskolc
- S25. **Trohák Attila**: Elosztott irányítórendszerek speciális funkcióinak vizsgálata, Doktori Iskola Szeminárium, 2007., Miskolc
- S26. **Trohák Attila**: Objektum orientált dynamo készítés, DCS-XII. konferencia, 2006.10.25-27., Lillafüred

## **Szabadalmi bejelentés**

- S27. Távdiagnosztikai rendszer járművek műszaki állapotának ellenőrzésére, ügyszám: p1300057, feltalálók: Biró Zoltán, Dr. Illés Béla, Kolozsi-Tóth Máté, Sárközi György, **Trohák Attila**

## **Kutatási projekteken való részvétel**

- S28. TÁMOP 4.2.1.B-10/2/KONV-0001-2010 jelű pályázat keretein belül a 3. Kiválósági Központ-hoz tartozó 3. Tudományos Műhelyben műhelyvezető helyettes voltam. Az alábbi K+F témákat vezettem: Hangvezérelt darurendszer fejlesztése;

- Önszerveződő szenzorhálózaton alapuló hőmérséklet- és páratartalom mérő rendszer fejlesztése; GSM-alapú jármű távdiagnosztikai rendszer fejlesztése. (2011-2013)
- S29. Borsod Volán Zrt. - Új rendszerű távdiagnosztikai, távkarbantartási rendszerek területén folytatott alkalmazott ipari kutatás és prototípusfejlesztés végzése. (2011)
- S30. Borsod Volán Zrt. - A korszerű távdiagnosztikai módszerek, valamint a vezetékes és vezeték nélküli biztonságos átviteli technológiák összehasonlító elemzése az optimális rendszerarchitektúra meghatározása céljából. (2010)
- S31. AES Tisza Erőmű Kft. - Erőművi terhelés-elosztási stratégiák és megoldások új tudásanyagot eredményező kutatása és modellezése a határfok növelés és a rugalmas terhelés-változtatás céljából. (2009)
- S32. MLR-RET - OPC szerveren alapuló rendszerintegráció tervezési és programozási módszereinek kidolgozása. (2007)

## **8.2 Felhasznált irodalom**

- [1] ASM Consortium Guidelines – Effective Operator Display Design, 2008
- [2] EEMUA (The Engineering Equipment and Materials Users' Association), 2002, Process Plant Control Desk Utilising Human-Computer Interfaces – A Guide to Design, Operational and Human Interface Issues, Publication N° 201
- [3] VDI/VDE (Verein Deutscher Ingenieure e.V.), 2005, Process Control Using Display Screens - Principles, VDI/VDE 3699-2, Beuth Verlag
- [4] VDI/VDE (Verein Deutscher Ingenieure e.V.), 1999, Process control using display screens - Mimics, VDI/VDE 3699-3, Beuth Verlag
- [5] ISA-5.5-1985 – Graphic Symbols for Process Display
- [6] Paul Gruhn: Human Machine Interface (HMI) Design: The Good, The Bad, and The Ugly (and what makes them so), 66th Annual Instrumentation Symposium for the Process Industries January 27-29, 2011
- [7] Glathe L. and Kempf S., 2013, Efficient Plant Operation in Process Industries Using a User-Centric Design, Chemical Engineering Transactions, 31, 337-342, DOI: 10.3303/CET1331057
- [8] Bill Hollifield, Dana Oliver, Ian Nimmo, Eddie Habibi: The high performance HMI Handbook, 2008, ISBN 978-0977896912
- [9] Kamarizan Kidam, Markku Hurme, Mimi H. Hassim: Technical Analysis of Accident in Chemical Process Industry and Lessons Learnt
- [10] PeerWay Control Network, Product Data Sheet, September 1996
- [11] ControlFile Hardware, Product Data Sheet, June 1998
- [12] RS3 Network Interface (RNI), Product Data Sheet, July 2001
- [13] DeltaV Operate for RS3, Product Data Sheet, November 2005
- [14] MTCC Command Console, Product Data Sheet, July 1998
- [15] DeltaV Operate, Product Data Sheet, March 2006
- [16] DeltaV Books Online, Fisher-Rosemount Systems, 2006.
- [17] Benkő Tiborné, Benkő László, Poppe András: Objektum-orientált programozás C++ nyelven, ComputerBooks Kiadói Kft., Budapest, 2002, ISBN 963 618 270 1

- [18] Gary Cornell, Troy Strain: Visual Basic 4 Tippek és trükkök, Panem Kft., Budapest, 1997, ISBN 963 545 117 2
- [19] Edson C. Bortoni, Guilherme S. Bastos, Luiz E. Souza: Optimal load distribution between units in a power plant, ISA Transactions 46., Elsevier, 2007., ISSN: 0019-0578
- [20] Edson C. Bortoni, Guilherme S. Bastos, Thiago M. Abreu, Basile Kawkabani: Online optimal power distribution between units of a hydro power plant, Renewable Energy Volume 75, Elsevier, 2015., ISSN: 0960-1481
- [21] Divényi Dániel Péter: Kiserőművek egységes ágensalapú modellezése rendszerirányítási szempontból c. PhD értekezés, 2014., Budapest
- [22] Fazekas András István: Villamosenergia rendszerek rendszerszintű tervezése I., Akadémiai Kiadó, Budapest, 2006., ISBN 963 05 8131 0
- [23] Stróbl Alajos: Kapacitáshelyzet és erőműépítés Európában, Az MVM Magyar Villamos Művek Közleményei, 2012. 3. szám, ISSN 1216-4992
- [24] MAVIR ZRt. weboldala – [www.mavir.hu](http://www.mavir.hu)
- [25] Gary Cornell: Delphi Tippek és trükkök, Panem Kft., Budapest, 1997., ISBN 963 545 124 5
- [26] Marco Cantú: Delphi 3 Mesteri Szinten II. kötet, Kiskapu Kft., Budapest, 1998, ISBN 963 03 5349 0
- [27] Rácz Zoltán Sándor: Meteorológiai állomás illesztése erőművi DCS rendszerhez OPC interfésszel c. Szakdolgozat, Miskolc, 2008.
- [28] A korszerű távdiagnosztikai módszerek, valamint a vezetékes és vezeték nélküli biztonságos átviteli technológiák összehasonlító elemzése az optimális rendszerarchitektúra meghatározása céljából – Kutatási zárójelentés, Miskolc, 2010.
- [29] Method and system for vehicle initiated delivery of advanced diagnostics based on the determined need by vehicle, US 6 181 994 B1, 2001.
- [30] Device and method for performing remote diagnostics on vehicles, US 6553292 B2, 2003.
- [31] Biró Zoltán: Autóbuszok CAN üzenetforgalmának szimulálása távdiagnosztikai szűrőalgoritmusok fejlesztése céljából c. TDK dolgozat, Miskolc, 2012.
- [32] Biró Zoltán: Autóbusz távdiagnosztikai rendszer fejlesztése c. Diplomamunka, Miskolc, 2013.
- [33] Szabadalmi Közlöny és Védjegyértesítő, 119. Évfolyam 20. Szám, Budapest, 2014.10.28.



- [34] Farkas J., Jármái K.: Analysis and optimum design of metal structures, Rotterdam: Balkema Publishers, 1997. 347 p., ISBN 90 5410 669 7
- [35] Farkas J., Jármái K.: Optimum design of steel structures, Heidelberg; New York: Springer Verlag, 2013. 288 p., ISBN 978-3-642-36867-7
- [36] Erdélyi F, Tóth T, Kulcsár Gy, Mileff P, Hornyák O, Nehéz K, Körei A: Új modellek és módszerek az igény szerinti tömeggyártás hatékonyságának növelésére., GÉPGYÁRTÁS XLIX:(2) pp. 3-10., 2009
- [37] Kulcsár Gyula, Bikfalvi Péter: Termeléstervezési és irányítási feladatok megoldása többcélú keresési módszer alkalmazásával, GÉP 63:(5) pp. 111-114., 2012
- [38] Manuel Esperon-Miguez, Ian K. Jennions, Philip John: Implementing IVHM on Legacy Aircraft: Progress Towards Identifying an Optimal Combination of Technologies, Engineering Asset Management - Systems, Professional Practices and Certification, Lecture Notes in Mechanical Engineering, Springer, 2015., DOI 10.1007/978-3-319-09507-3\_70

## 9 Mellékletek

### 9.1 Tartály adatlap scriptje

#### Faceplate megnyitáshoz

```
Private Sub BetarHatInd_Click()  
Dim vege As Long  
Dim Tartalyszam As Object  
Dim oldSzam_str, oldModule As String  
  
On Error GoTo ErrHandler  
'Event added by frmOpenFPExpert  
Set Tartalyszam = FindLocalObject(Chart1, "Pen1")  
oldSzam_str = Tartalyszam.Source  
vege = InStr(1, oldSzam_str, "A.F_CD")  
oldModule = Mid(oldSzam_str, 18, vege - 18)  
frsLoadRS3_Faceplate "Fix32.THISNODE.TK" + oldModule + "B", 1, False  
Exit Sub  
ErrHandler:  
frsHandleError  
  
End Sub
```

#### Szerkesztéshez

```
Private Sub TartAdat_Edit()  
Dim vege As Long  
Dim BetarHatar, HomB15, TerfogatB, TomegB, ToltSzint, FenekKeszlet, KitarHatar,  
MaxSziv As Object  
Dim MozgasAllapot, TerfogatN, Szivargas, TiltEnged, TerfogatT, TomegT As Object  
Dim UritesSzint, ValtSeb, ValtSebM3, ValtSebMax, ValtSebMm, TomegN, Chart As Object  
Dim BetarHatarC, ToltSzintC, KitarHatarC, SzivargasC, UritesSzintC, ValtSebMmC As  
Object
```

*Dim oldTartaly\_str, oldTartaly As String*

*Dim BetarHatar\_str, HomB15\_str, TerfogatB\_str, TomegB\_str, ToltSzint\_str,  
FenekKeszlet\_str As String*

*Dim MozgasAllapot\_str, TerfogatN\_str, Szivargas\_str, TiltEnged\_str, TerfogatT\_str,  
TomegT\_str As String*

*Dim UritesSzint\_str, ValtSeb\_str, ValtSebM3\_str, ValtSebMax\_str, ValtSebMm\_str,  
TomegN\_str As String*

*Dim KitarHatar\_str, MaxSziv\_str, Chart\_str As String*

*Dim BetarHatarC\_str, ToltSzintC\_str, KitarHatarC\_str, SzivargasC\_str, UritesSzintC\_str,  
ValtSebMmC\_str As String*

*'A csoportból a megfelelő kijelző kiválasztása*

*Set BetarHatar = FindLocalObject(BetarHatInd, "AnimatedCaptionBH")*

*Set HomB15 = FindLocalObject(Brutto15fokInd, "AnimatedCaptionB15")*

*Set TerfogatB = FindLocalObject(BruttoTerfInd, "AnimatedCaptionBTRF")*

*Set TomegB = FindLocalObject(BruttoTomegInd, "AnimatedCaptionBTMG")*

*Set ToltSzint = FindLocalObject(FeltoltSzintInd, "AnimatedCaptionFS")*

*Set FenekKeszlet = FindLocalObject(FenekKeszInd, "AnimatedCaptionFK")*

*Set KitarHatar = FindLocalObject(KitarHatInd, "AnimatedCaptionKH")*

*Set MaxSziv = FindLocalObject(MaxSzivInd, "AnimatedCaptionMS")*

*Set MozgasAllapot = FindLocalObject(MozgasAllInd, "AnimatedCaptionMA")*

*Set TerfogatN = FindLocalObject(NettoTerfInd, "AnimatedCaptionNTRF")*

*Set TomegN = FindLocalObject(NettoTomegInd, "AnimatedCaptionNTMG")*

*Set Szivargas = FindLocalObject(SzivargasInd, "AnimatedCaptionSZ")*

*Set TiltEnged = FindLocalObject(TiltEngInd, "AnimatedCaptionTE")*

*Set TerfogatT = FindLocalObject(ToltTerfInd, "AnimatedCaptionTTRF")*

*Set TomegT = FindLocalObject(ToltTomegInd, "AnimatedCaptionTTMG")*

*Set UritesSzint = FindLocalObject(UritesSzintInd, "AnimatedCaptionUS")*

*Set ValtSeb = FindLocalObject(ValtSebInd, "AnimatedCaptionVS")*

*Set ValtSebM3 = FindLocalObject(ValtSebm3Ind, "AnimatedCaptionVSM3")*

*Set ValtSebMax = FindLocalObject(ValtSebMaxInd, "AnimatedCaptionVSM")*

*Set ValtSebMm = FindLocalObject(ValtSebmmInd, "AnimatedCaptionVSMM")*

```
Set BetarHatarC = FindLocalObject(BetarHatInd, "AnimatedForegroundBH")
Set ToltSzintC = FindLocalObject(FeltoltSzintInd, "AnimatedForegroundFS")
Set KitarHatarC = FindLocalObject(KitarHatInd, "AnimatedForegroundKH")
Set SzivargasC = FindLocalObject(SzivargasInd, "AnimatedForegroundSZ")
Set UritesSzintC = FindLocalObject(UritesSzintInd, "AnimatedForegroundUS")
Set ValtSebMmC = FindLocalObject(ValtSebmmInd, "AnimatedForegroundVSMM")
Set Chart = FindLocalObject(Chart1, "Pen1")
```

```
oldTartaly_str = ToltSzint.Source
vege = InStr(1, oldTartaly_str, "D.F_CC")
oldTartaly = Mid(oldTartaly_str, 18, vege - 18)
frmTartAdat1.TextBox1.Text = oldTartaly
```

```
'A form megjelenítése
frmTartAdat1.Show
```

'A stringek kitöltése, amik a kijelzést állítják be

```
BetarHatar_str = "Fix32.THISNODE.TK" + frmTartAdat1.TextBox1.Text + "B.F_CE"
HomB15_str = "Fix32.THISNODE.TK" + frmTartAdat1.TextBox1.Text + "D.F_CK"
TerfogatB_str = "Fix32.THISNODE.TK" + frmTartAdat1.TextBox1.Text + "C.F_CB"
TomegB_str = "Fix32.THISNODE.TK" + frmTartAdat1.TextBox1.Text + "C.F_CH"
ToltSzint_str = "Fix32.THISNODE.TK" + frmTartAdat1.TextBox1.Text + "D.F_CC"
FenekKeszlet_str = "Fix32.THISNODE.TK" + frmTartAdat1.TextBox1.Text +
"D.F_CE"
MozgasAllapot_str = "Fix32.THISNODE.TK" + frmTartAdat1.TextBox1.Text +
"B.F_Db_OUT"
TerfogatN_str = "Fix32.THISNODE.TK" + frmTartAdat1.TextBox1.Text + "C.F_CF"
Szivargas_str = "Fix32.THISNODE.TK" + frmTartAdat1.TextBox1.Text + "B.F_CL"
TiltEnged_str = "Fix32.THISNODE.TK" + frmTartAdat1.TextBox1.Text +
"A.F_DA_OUT"
TerfogatT_str = "Fix32.THISNODE.TK" + frmTartAdat1.TextBox1.Text + "C.F_CG"
TomegT_str = "Fix32.THISNODE.TK" + frmTartAdat1.TextBox1.Text + "C.F_CJ"
UritesSzint_str = "Fix32.THISNODE.TK" + frmTartAdat1.TextBox1.Text + "D.F_CD"
ValtSeb_str = "Fix32.THISNODE.TK" + frmTartAdat1.TextBox1.Text + "B.F_CG"
```

```
ValtSebM3_str = "Fix32.THISNODE.TK" + frmTartAdat1.TextBox1.Text + "B.F_CM"  
ValtSebMax_str = "Fix32.THISNODE.TK" + frmTartAdat1.TextBox1.Text + "D.F_CA"  
ValtSebMm_str = "Fix32.THISNODE.TK" + frmTartAdat1.TextBox1.Text + "B.F_CK"  
KitarHatar_str = "Fix32.THISNODE.TK" + frmTartAdat1.TextBox1.Text + "B.F_CF"  
MaxSziv_str = "Fix32.THISNODE.TK" + frmTartAdat1.TextBox1.Text + "D.F_CB"  
TomegN_str = "Fix32.THISNODE.TK" + frmTartAdat1.TextBox1.Text + "C.F_CI"  
BetarHatarC_str = "Fix32.THISNODE.TK" + frmTartAdat1.TextBox1.Text +  
"B.F_DG_OUT"  
ToltSzintC_str = "Fix32.THISNODE.TK" + frmTartAdat1.TextBox1.Text +  
"D.F_DC_OUT"  
KitarHatarC_str = "Fix32.THISNODE.TK" + frmTartAdat1.TextBox1.Text +  
"B.F_DH_OUT"  
SzivargasC_str = "Fix32.THISNODE.TK" + frmTartAdat1.TextBox1.Text +  
"B.F_DF_OUT"  
UritesSzintC_str = "Fix32.THISNODE.TK" + frmTartAdat1.TextBox1.Text +  
"D.F_DD_OUT"  
ValtSebMmC_str = "Fix32.THISNODE.TK" + frmTartAdat1.TextBox1.Text +  
"B.F_DE_OUT"  
Chart_str = "Fix32.THISNODE.TK" + frmTartAdat1.TextBox1.Text + "A.F_CD"
```

'Az új láthatósági tulajdonságok alkalmazása

```
BetarHatar.Source = BetarHatar_str  
HomB15.Source = HomB15_str  
TerfogatB.Source = TerfogatB_str  
TomegB.Source = TomegB_str  
ToltSzint.Source = ToltSzint_str  
FenekKeszlet.Source = FenekKeszlet_str  
MozgasAllapot.Source = MozgasAllapot_str  
TerfogatN.Source = TerfogatN_str  
Szivargas.Source = Szivargas_str  
TiltEnged.Source = TiltEnged_str  
TerfogatT.Source = TerfogatT_str  
TomegT.Source = TomegT_str
```

```
UritesSzint.Source = UritesSzint_str  
ValtSeb.Source = ValtSeb_str  
ValtSebM3.Source = ValtSebM3_str  
ValtSebMax.Source = ValtSebMax_str  
ValtSebMm.Source = ValtSebMm_str  
KitarHatar.Source = KitarHatar_str  
MaxSziv.Source = MaxSziv_str  
TomegN.Source = TomegN_str  
BetarHatarC.Source = BetarHatarC_str  
ToltSzintC.Source = ToltSzintC_str  
KitarHatarC.Source = KitarHatarC_str  
SzivargasC.Source = SzivargasC_str  
UritesSzintC.Source = UritesSzintC_str  
ValtSebMmC.Source = ValtSebMmC_str  
Chart.Source = Chart_str
```

*End Sub*

### **Form script**

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
    frmTartAdat1.Hide  
End Sub
```

## 9.2 Időnyereség táblázatos adatok

9.1. táblázat: Időnyereség 2 példányra

| Paraméterszám<br>[db] | Időszükséglet<br>hagyományos<br>módszerrel<br>[h] | Időszükséglet az<br>új módszerrel<br>[h] | Időnyereség<br>[h] |
|-----------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------|
| 2                     | 0,014915222                                       | 0,083333333                              | -0,068418111       |
| 3                     | 0,022372833                                       | 0,1                                      | -0,077627167       |
| 4                     | 0,029830444                                       | 0,116666667                              | -0,086836222       |
| 5                     | 0,037288056                                       | 0,133333333                              | -0,096045278       |
| 6                     | 0,044745667                                       | 0,15                                     | -0,105254333       |
| 7                     | 0,052203278                                       | 0,166666667                              | -0,114463389       |
| 8                     | 0,059660889                                       | 0,183333333                              | -0,123672444       |
| 9                     | 0,0671185                                         | 0,2                                      | -0,1328815         |
| 10                    | 0,074576111                                       | 0,216666667                              | -0,142090556       |
| 11                    | 0,082033722                                       | 0,233333333                              | -0,151299611       |
| 12                    | 0,089491333                                       | 0,25                                     | -0,160508667       |
| 13                    | 0,096948944                                       | 0,266666667                              | -0,169717722       |
| 14                    | 0,104406556                                       | 0,283333333                              | -0,178926778       |
| 15                    | 0,111864167                                       | 0,3                                      | -0,188135833       |
| 16                    | 0,119321778                                       | 0,316666667                              | -0,197344889       |
| 17                    | 0,126779389                                       | 0,333333333                              | -0,206553944       |
| 18                    | 0,134237                                          | 0,35                                     | -0,215763          |
| 19                    | 0,141694611                                       | 0,366666667                              | -0,224972056       |
| 20                    | 0,149152222                                       | 0,383333333                              | -0,234181111       |
| 21                    | 0,156609833                                       | 0,4                                      | -0,243390167       |
| 22                    | 0,164067444                                       | 0,416666667                              | -0,252599222       |
| 23                    | 0,171525056                                       | 0,433333333                              | -0,261808278       |
| 24                    | 0,178982667                                       | 0,45                                     | -0,271017333       |
| 25                    | 0,186440278                                       | 0,466666667                              | -0,280226389       |
| 26                    | 0,193897889                                       | 0,483333333                              | -0,289435444       |
| 27                    | 0,2013555                                         | 0,5                                      | -0,2986445         |
| 28                    | 0,208813111                                       | 0,516666667                              | -0,307853556       |
| 29                    | 0,216270722                                       | 0,533333333                              | -0,317062611       |
| 30                    | 0,223728333                                       | 0,55                                     | -0,326271667       |
| 31                    | 0,231185944                                       | 0,566666667                              | -0,335480722       |
| 32                    | 0,238643556                                       | 0,583333333                              | -0,344689778       |
| 33                    | 0,246101167                                       | 0,6                                      | -0,353898833       |
| 34                    | 0,253558778                                       | 0,616666667                              | -0,363107889       |
| 35                    | 0,261016389                                       | 0,633333333                              | -0,372316944       |
| 36                    | 0,268474                                          | 0,65                                     | -0,381526          |
| 37                    | 0,275931611                                       | 0,666666667                              | -0,390735056       |
| 38                    | 0,283389222                                       | 0,683333333                              | -0,399944111       |
| 39                    | 0,290846833                                       | 0,7                                      | -0,409153167       |
| 40                    | 0,298304444                                       | 0,716666667                              | -0,418362222       |

9.2. táblázat: Időnyereség 4 példányra

| Paraméterszám<br>[db] | Időszükséglet<br>hagyományos<br>módszerrel<br>[h] | Időszükséglet az<br>új módszerrel<br>[h] | Időnyereség<br>[h] |
|-----------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------|
| 2                     | 0,029830444                                       | 0,083333333                              | -0,053502889       |
| 3                     | 0,044745667                                       | 0,1                                      | -0,055254333       |
| 4                     | 0,059660889                                       | 0,116666667                              | -0,057005778       |
| 5                     | 0,074576111                                       | 0,133333333                              | -0,058757222       |
| 6                     | 0,089491333                                       | 0,15                                     | -0,060508667       |
| 7                     | 0,104406556                                       | 0,166666667                              | -0,062260111       |
| 8                     | 0,119321778                                       | 0,183333333                              | -0,064011556       |
| 9                     | 0,134237                                          | 0,2                                      | -0,065763          |
| 10                    | 0,149152222                                       | 0,216666667                              | -0,067514444       |
| 11                    | 0,164067444                                       | 0,233333333                              | -0,069265889       |
| 12                    | 0,178982667                                       | 0,25                                     | -0,071017333       |
| 13                    | 0,193897889                                       | 0,266666667                              | -0,072768778       |
| 14                    | 0,208813111                                       | 0,283333333                              | -0,074520222       |
| 15                    | 0,223728333                                       | 0,3                                      | -0,076271667       |
| 16                    | 0,238643556                                       | 0,316666667                              | -0,078023111       |
| 17                    | 0,253558778                                       | 0,333333333                              | -0,079774556       |
| 18                    | 0,268474                                          | 0,35                                     | -0,081526          |
| 19                    | 0,283389222                                       | 0,366666667                              | -0,083277444       |
| 20                    | 0,298304444                                       | 0,383333333                              | -0,085028889       |
| 21                    | 0,313219667                                       | 0,4                                      | -0,086780333       |
| 22                    | 0,328134889                                       | 0,416666667                              | -0,088531778       |
| 23                    | 0,343050111                                       | 0,433333333                              | -0,090283222       |
| 24                    | 0,357965333                                       | 0,45                                     | -0,092034667       |
| 25                    | 0,372880556                                       | 0,466666667                              | -0,093786111       |
| 26                    | 0,387795778                                       | 0,483333333                              | -0,095537556       |
| 27                    | 0,402711                                          | 0,5                                      | -0,097289          |
| 28                    | 0,417626222                                       | 0,516666667                              | -0,099040444       |
| 29                    | 0,432541444                                       | 0,533333333                              | -0,100791889       |
| 30                    | 0,447456667                                       | 0,55                                     | -0,102543333       |
| 31                    | 0,462371889                                       | 0,566666667                              | -0,104294778       |
| 32                    | 0,477287111                                       | 0,583333333                              | -0,106046222       |
| 33                    | 0,492202333                                       | 0,6                                      | -0,107797667       |
| 34                    | 0,507117556                                       | 0,616666667                              | -0,109549111       |
| 35                    | 0,522032778                                       | 0,633333333                              | -0,111300556       |
| 36                    | 0,536948                                          | 0,65                                     | -0,113052          |
| 37                    | 0,551863222                                       | 0,666666667                              | -0,114803444       |
| 38                    | 0,566778444                                       | 0,683333333                              | -0,116554889       |
| 39                    | 0,581693667                                       | 0,7                                      | -0,118306333       |
| 40                    | 0,596608889                                       | 0,716666667                              | -0,120057778       |



9.3. táblázat: Időnyereség 5 példányra

| Paraméterszám<br>[db] | Időszükséglet<br>hagyományos<br>módszerrel<br>[h] | Időszükséglet az<br>új módszerrel<br>[h] | Időnyereség<br>[h] |
|-----------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------|
| 2                     | 0,037288056                                       | 0,083333333                              | -0,046045278       |
| 3                     | 0,055932083                                       | 0,1                                      | -0,044067917       |
| 4                     | 0,074576111                                       | 0,116666667                              | -0,042090556       |
| 5                     | 0,093220139                                       | 0,133333333                              | -0,040113194       |
| 6                     | 0,111864167                                       | 0,15                                     | -0,038135833       |
| 7                     | 0,130508194                                       | 0,166666667                              | -0,036158472       |
| 8                     | 0,149152222                                       | 0,183333333                              | -0,034181111       |
| 9                     | 0,16779625                                        | 0,2                                      | -0,03220375        |
| 10                    | 0,186440278                                       | 0,216666667                              | -0,030226389       |
| 11                    | 0,205084306                                       | 0,233333333                              | -0,028249028       |
| 12                    | 0,223728333                                       | 0,25                                     | -0,026271667       |
| 13                    | 0,242372361                                       | 0,266666667                              | -0,024294306       |
| 14                    | 0,261016389                                       | 0,283333333                              | -0,022316944       |
| 15                    | 0,279660417                                       | 0,3                                      | -0,020339583       |
| 16                    | 0,298304444                                       | 0,316666667                              | -0,018362222       |
| 17                    | 0,316948472                                       | 0,333333333                              | -0,016384861       |
| 18                    | 0,3355925                                         | 0,35                                     | -0,0144075         |
| 19                    | 0,354236528                                       | 0,366666667                              | -0,012430139       |
| 20                    | 0,372880556                                       | 0,383333333                              | -0,010452778       |
| 21                    | 0,391524583                                       | 0,4                                      | -0,008475417       |
| 22                    | 0,410168611                                       | 0,416666667                              | -0,006498056       |
| 23                    | 0,428812639                                       | 0,433333333                              | -0,004520694       |
| 24                    | 0,447456667                                       | 0,45                                     | -0,002543333       |
| 25                    | 0,466100694                                       | 0,466666667                              | -0,000565972       |
| 26                    | 0,484744722                                       | 0,483333333                              | 0,001411389        |
| 27                    | 0,50338875                                        | 0,5                                      | 0,00338875         |
| 28                    | 0,522032778                                       | 0,516666667                              | 0,005366111        |
| 29                    | 0,540676806                                       | 0,533333333                              | 0,007343472        |
| 30                    | 0,559320833                                       | 0,55                                     | 0,009320833        |
| 31                    | 0,577964861                                       | 0,566666667                              | 0,011298194        |
| 32                    | 0,596608889                                       | 0,583333333                              | 0,013275556        |
| 33                    | 0,615252917                                       | 0,6                                      | 0,015252917        |
| 34                    | 0,633896944                                       | 0,616666667                              | 0,017230278        |
| 35                    | 0,652540972                                       | 0,633333333                              | 0,019207639        |
| 36                    | 0,671185                                          | 0,65                                     | 0,021185           |
| 37                    | 0,689829028                                       | 0,666666667                              | 0,023162361        |
| 38                    | 0,708473056                                       | 0,683333333                              | 0,025139722        |
| 39                    | 0,727117083                                       | 0,7                                      | 0,027117083        |
| 40                    | 0,745761111                                       | 0,716666667                              | 0,029094444        |

9.4. táblázat: Időnyereség 12 példányra

| Paraméterszám<br>[db] | Időszükséglet<br>hagyományos<br>módszerrel<br>[h] | Időszükséglet az<br>új módszerrel<br>[h] | Időnyereség<br>[h] |
|-----------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------|
| 2                     | 0,089491333                                       | 0,083333333                              | 0,006158           |
| 3                     | 0,134237                                          | 0,1                                      | 0,034237           |
| 4                     | 0,178982667                                       | 0,116666667                              | 0,062316           |
| 5                     | 0,223728333                                       | 0,133333333                              | 0,090395           |
| 6                     | 0,268474                                          | 0,15                                     | 0,118474           |
| 7                     | 0,313219667                                       | 0,166666667                              | 0,146553           |
| 8                     | 0,357965333                                       | 0,183333333                              | 0,174632           |
| 9                     | 0,402711                                          | 0,2                                      | 0,202711           |
| 10                    | 0,447456667                                       | 0,216666667                              | 0,23079            |
| 11                    | 0,492202333                                       | 0,233333333                              | 0,258869           |
| 12                    | 0,536948                                          | 0,25                                     | 0,286948           |
| 13                    | 0,581693667                                       | 0,266666667                              | 0,315027           |
| 14                    | 0,626439333                                       | 0,283333333                              | 0,343106           |
| 15                    | 0,671185                                          | 0,3                                      | 0,371185           |
| 16                    | 0,715930667                                       | 0,316666667                              | 0,399264           |
| 17                    | 0,760676333                                       | 0,333333333                              | 0,427343           |
| 18                    | 0,805422                                          | 0,35                                     | 0,455422           |
| 19                    | 0,850167667                                       | 0,366666667                              | 0,483501           |
| 20                    | 0,894913333                                       | 0,383333333                              | 0,51158            |
| 21                    | 0,939659                                          | 0,4                                      | 0,539659           |
| 22                    | 0,984404667                                       | 0,416666667                              | 0,567738           |
| 23                    | 1,029150333                                       | 0,433333333                              | 0,595817           |
| 24                    | 1,073896                                          | 0,45                                     | 0,623896           |
| 25                    | 1,118641667                                       | 0,466666667                              | 0,651975           |
| 26                    | 1,163387333                                       | 0,483333333                              | 0,680054           |
| 27                    | 1,208133                                          | 0,5                                      | 0,708133           |
| 28                    | 1,252878667                                       | 0,516666667                              | 0,736212           |
| 29                    | 1,297624333                                       | 0,533333333                              | 0,764291           |
| 30                    | 1,34237                                           | 0,55                                     | 0,79237            |
| 31                    | 1,387115667                                       | 0,566666667                              | 0,820449           |
| 32                    | 1,431861333                                       | 0,583333333                              | 0,848528           |
| 33                    | 1,476607                                          | 0,6                                      | 0,876607           |
| 34                    | 1,521352667                                       | 0,616666667                              | 0,904686           |
| 35                    | 1,566098333                                       | 0,633333333                              | 0,932765           |
| 36                    | 1,610844                                          | 0,65                                     | 0,960844           |
| 37                    | 1,655589667                                       | 0,666666667                              | 0,988923           |
| 38                    | 1,700335333                                       | 0,683333333                              | 1,017002           |
| 39                    | 1,745081                                          | 0,7                                      | 1,045081           |
| 40                    | 1,789826667                                       | 0,716666667                              | 1,07316            |

9.5. táblázat: Időnyereség 20 példányra

| Paraméterszám<br>[db] | Időszükséglet<br>hagyományos<br>módszerrel<br>[h] | Időszükséglet az<br>új módszerrel<br>[h] | Időnyereség<br>[h] |
|-----------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------|
| 2                     | 0,149152222                                       | 0,083333333                              | 0,065818889        |
| 3                     | 0,223728333                                       | 0,1                                      | 0,123728333        |
| 4                     | 0,298304444                                       | 0,116666667                              | 0,181637778        |
| 5                     | 0,372880556                                       | 0,133333333                              | 0,239547222        |
| 6                     | 0,447456667                                       | 0,15                                     | 0,297456667        |
| 7                     | 0,522032778                                       | 0,166666667                              | 0,355366111        |
| 8                     | 0,596608889                                       | 0,183333333                              | 0,413275556        |
| 9                     | 0,671185                                          | 0,2                                      | 0,471185           |
| 10                    | 0,745761111                                       | 0,216666667                              | 0,529094444        |
| 11                    | 0,820337222                                       | 0,233333333                              | 0,587003889        |
| 12                    | 0,894913333                                       | 0,25                                     | 0,644913333        |
| 13                    | 0,969489444                                       | 0,266666667                              | 0,702822778        |
| 14                    | 1,044065556                                       | 0,283333333                              | 0,760732222        |
| 15                    | 1,118641667                                       | 0,3                                      | 0,818641667        |
| 16                    | 1,193217778                                       | 0,316666667                              | 0,876551111        |
| 17                    | 1,267793889                                       | 0,333333333                              | 0,934460556        |
| 18                    | 1,34237                                           | 0,35                                     | 0,99237            |
| 19                    | 1,416946111                                       | 0,366666667                              | 1,050279444        |
| 20                    | 1,491522222                                       | 0,383333333                              | 1,108188889        |
| 21                    | 1,566098333                                       | 0,4                                      | 1,166098333        |
| 22                    | 1,640674444                                       | 0,416666667                              | 1,224007778        |
| 23                    | 1,715250556                                       | 0,433333333                              | 1,281917222        |
| 24                    | 1,789826667                                       | 0,45                                     | 1,339826667        |
| 25                    | 1,864402778                                       | 0,466666667                              | 1,397736111        |
| 26                    | 1,938978889                                       | 0,483333333                              | 1,455645556        |
| 27                    | 2,013555                                          | 0,5                                      | 1,513555           |
| 28                    | 2,088131111                                       | 0,516666667                              | 1,571464444        |
| 29                    | 2,162707222                                       | 0,533333333                              | 1,629373889        |
| 30                    | 2,237283333                                       | 0,55                                     | 1,687283333        |
| 31                    | 2,311859444                                       | 0,566666667                              | 1,745192778        |
| 32                    | 2,386435556                                       | 0,583333333                              | 1,803102222        |
| 33                    | 2,461011667                                       | 0,6                                      | 1,861011667        |
| 34                    | 2,535587778                                       | 0,616666667                              | 1,918921111        |
| 35                    | 2,610163889                                       | 0,633333333                              | 1,976830556        |
| 36                    | 2,68474                                           | 0,65                                     | 2,03474            |
| 37                    | 2,759316111                                       | 0,666666667                              | 2,092649444        |
| 38                    | 2,833892222                                       | 0,683333333                              | 2,150558889        |
| 39                    | 2,908468333                                       | 0,7                                      | 2,208468333        |
| 40                    | 2,983044444                                       | 0,716666667                              | 2,266377778        |

9.6. táblázat: Időnyereség 40 példányra

| Paraméterszám<br>[db] | Időszükséglet<br>hagyományos<br>módszerrel<br>[h] | Időszükséglet az<br>új módszerrel<br>[h] | Időnyereség<br>[h] |
|-----------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------|
| 2                     | 0,298304444                                       | 0,083333333                              | 0,214971111        |
| 3                     | 0,447456667                                       | 0,1                                      | 0,347456667        |
| 4                     | 0,596608889                                       | 0,116666667                              | 0,479942222        |
| 5                     | 0,745761111                                       | 0,133333333                              | 0,612427778        |
| 6                     | 0,894913333                                       | 0,15                                     | 0,744913333        |
| 7                     | 1,044065556                                       | 0,166666667                              | 0,877398889        |
| 8                     | 1,193217778                                       | 0,183333333                              | 1,009884444        |
| 9                     | 1,34237                                           | 0,2                                      | 1,14237            |
| 10                    | 1,491522222                                       | 0,216666667                              | 1,274855556        |
| 11                    | 1,640674444                                       | 0,233333333                              | 1,407341111        |
| 12                    | 1,789826667                                       | 0,25                                     | 1,539826667        |
| 13                    | 1,938978889                                       | 0,266666667                              | 1,672312222        |
| 14                    | 2,088131111                                       | 0,283333333                              | 1,804797778        |
| 15                    | 2,237283333                                       | 0,3                                      | 1,937283333        |
| 16                    | 2,386435556                                       | 0,316666667                              | 2,069768889        |
| 17                    | 2,535587778                                       | 0,333333333                              | 2,202254444        |
| 18                    | 2,68474                                           | 0,35                                     | 2,33474            |
| 19                    | 2,833892222                                       | 0,366666667                              | 2,467225556        |
| 20                    | 2,983044444                                       | 0,383333333                              | 2,599711111        |
| 21                    | 3,132196667                                       | 0,4                                      | 2,732196667        |
| 22                    | 3,281348889                                       | 0,416666667                              | 2,864682222        |
| 23                    | 3,430501111                                       | 0,433333333                              | 2,997167778        |
| 24                    | 3,579653333                                       | 0,45                                     | 3,129653333        |
| 25                    | 3,728805556                                       | 0,466666667                              | 3,262138889        |
| 26                    | 3,877957778                                       | 0,483333333                              | 3,394624444        |
| 27                    | 4,02711                                           | 0,5                                      | 3,52711            |
| 28                    | 4,176262222                                       | 0,516666667                              | 3,659595556        |
| 29                    | 4,325414444                                       | 0,533333333                              | 3,792081111        |
| 30                    | 4,474566667                                       | 0,55                                     | 3,924566667        |
| 31                    | 4,623718889                                       | 0,566666667                              | 4,057052222        |
| 32                    | 4,772871111                                       | 0,583333333                              | 4,189537778        |
| 33                    | 4,922023333                                       | 0,6                                      | 4,322023333        |
| 34                    | 5,071175556                                       | 0,616666667                              | 4,454508889        |
| 35                    | 5,220327778                                       | 0,633333333                              | 4,586994444        |
| 36                    | 5,36948                                           | 0,65                                     | 4,71948            |
| 37                    | 5,518632222                                       | 0,666666667                              | 4,851965556        |
| 38                    | 5,667784444                                       | 0,683333333                              | 4,984451111        |
| 39                    | 5,816936667                                       | 0,7                                      | 5,116936667        |
| 40                    | 5,966088889                                       | 0,716666667                              | 5,249422222        |

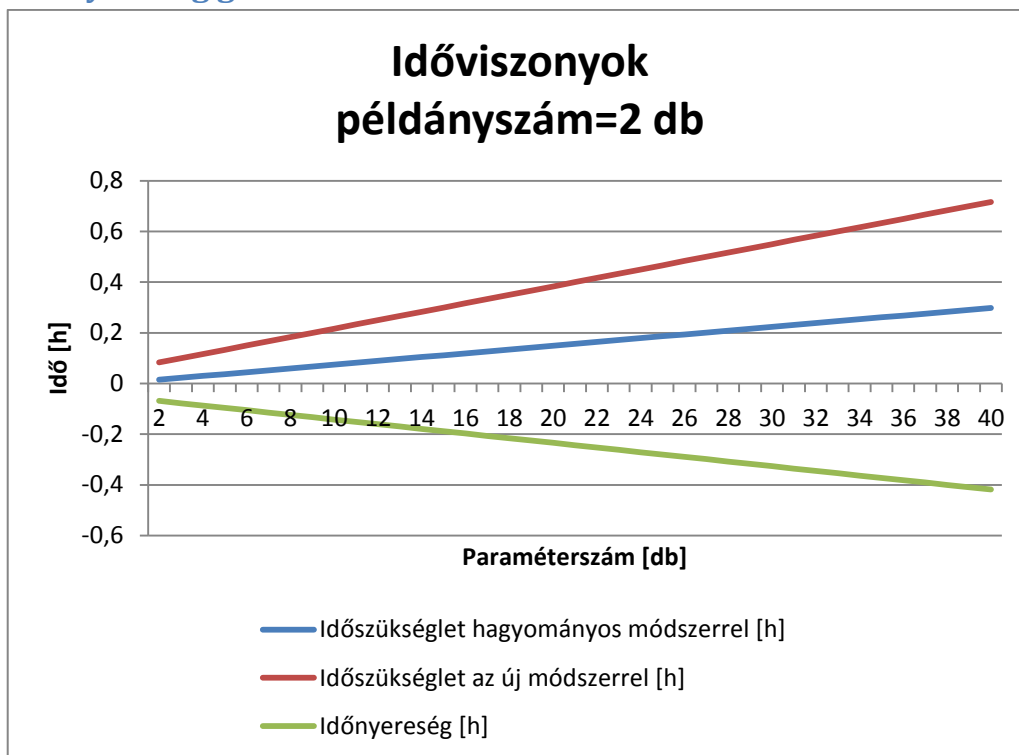
9.7. táblázat: Időnyereség 100 példányra

| Paraméterszám<br>[db] | Időszükséglet<br>hagyományos<br>módszerrel<br>[h] | Időszükséglet az<br>új módszerrel<br>[h] | Időnyereség<br>[h] |
|-----------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------|
| 2                     | 0,745761111                                       | 0,083333333                              | 0,662427778        |
| 3                     | 1,118641667                                       | 0,1                                      | 1,018641667        |
| 4                     | 1,491522222                                       | 0,116666667                              | 1,374855556        |
| 5                     | 1,864402778                                       | 0,133333333                              | 1,731069444        |
| 6                     | 2,237283333                                       | 0,15                                     | 2,087283333        |
| 7                     | 2,610163889                                       | 0,166666667                              | 2,443497222        |
| 8                     | 2,983044444                                       | 0,183333333                              | 2,799711111        |
| 9                     | 3,355925                                          | 0,2                                      | 3,155925           |
| 10                    | 3,728805556                                       | 0,216666667                              | 3,512138889        |
| 11                    | 4,101686111                                       | 0,233333333                              | 3,868352778        |
| 12                    | 4,474566667                                       | 0,25                                     | 4,224566667        |
| 13                    | 4,847447222                                       | 0,266666667                              | 4,580780556        |
| 14                    | 5,220327778                                       | 0,283333333                              | 4,936994444        |
| 15                    | 5,593208333                                       | 0,3                                      | 5,293208333        |
| 16                    | 5,966088889                                       | 0,316666667                              | 5,649422222        |
| 17                    | 6,338969444                                       | 0,333333333                              | 6,005636111        |
| 18                    | 6,71185                                           | 0,35                                     | 6,36185            |
| 19                    | 7,084730556                                       | 0,366666667                              | 6,718063889        |
| 20                    | 7,457611111                                       | 0,383333333                              | 7,074277778        |
| 21                    | 7,830491667                                       | 0,4                                      | 7,430491667        |
| 22                    | 8,203372222                                       | 0,416666667                              | 7,786705556        |
| 23                    | 8,576252778                                       | 0,433333333                              | 8,142919444        |
| 24                    | 8,949133333                                       | 0,45                                     | 8,499133333        |
| 25                    | 9,322013889                                       | 0,466666667                              | 8,855347222        |
| 26                    | 9,694894444                                       | 0,483333333                              | 9,211561111        |
| 27                    | 10,067775                                         | 0,5                                      | 9,567775           |
| 28                    | 10,44065556                                       | 0,516666667                              | 9,923988889        |
| 29                    | 10,81353611                                       | 0,533333333                              | 10,28020278        |
| 30                    | 11,18641667                                       | 0,55                                     | 10,63641667        |
| 31                    | 11,55929722                                       | 0,566666667                              | 10,99263056        |
| 32                    | 11,93217778                                       | 0,583333333                              | 11,34884444        |
| 33                    | 12,30505833                                       | 0,6                                      | 11,70505833        |
| 34                    | 12,67793889                                       | 0,616666667                              | 12,06127222        |
| 35                    | 13,05081944                                       | 0,633333333                              | 12,41748611        |
| 36                    | 13,4237                                           | 0,65                                     | 12,7737            |
| 37                    | 13,79658056                                       | 0,666666667                              | 13,12991389        |
| 38                    | 14,16946111                                       | 0,683333333                              | 13,48612778        |
| 39                    | 14,54234167                                       | 0,7                                      | 13,84234167        |
| 40                    | 14,91522222                                       | 0,716666667                              | 14,19855556        |

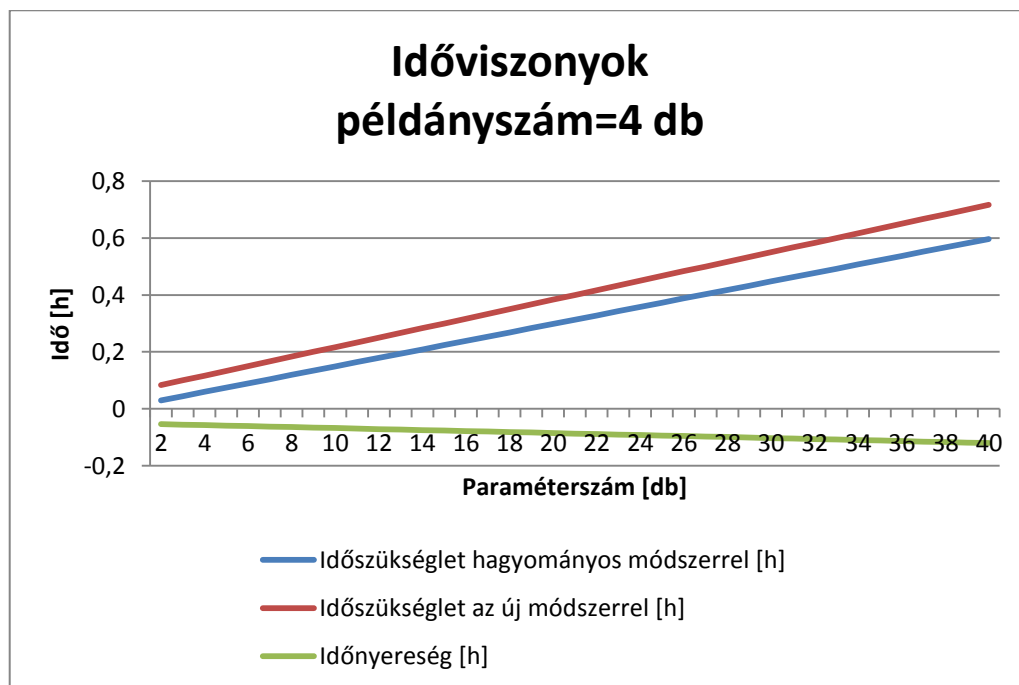
9.8. táblázat: Időnyereség 200 példányra

| Paraméterszám<br>[db] | Időszükséglet<br>hagyományos<br>módszerrel<br>[h] | Időszükséglet az<br>új módszerrel<br>[h] | Időnyereség<br>[h] |
|-----------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------|
| 2                     | 1,491522222                                       | 0,083333333                              | 1,408188889        |
| 3                     | 2,237283333                                       | 0,1                                      | 2,137283333        |
| 4                     | 2,983044444                                       | 0,116666667                              | 2,866377778        |
| 5                     | 3,728805556                                       | 0,133333333                              | 3,595472222        |
| 6                     | 4,474566667                                       | 0,15                                     | 4,324566667        |
| 7                     | 5,220327778                                       | 0,166666667                              | 5,053661111        |
| 8                     | 5,966088889                                       | 0,183333333                              | 5,782755556        |
| 9                     | 6,71185                                           | 0,2                                      | 6,51185            |
| 10                    | 7,457611111                                       | 0,216666667                              | 7,240944444        |
| 11                    | 8,203372222                                       | 0,233333333                              | 7,970038889        |
| 12                    | 8,949133333                                       | 0,25                                     | 8,699133333        |
| 13                    | 9,694894444                                       | 0,266666667                              | 9,428227778        |
| 14                    | 10,44065556                                       | 0,283333333                              | 10,15732222        |
| 15                    | 11,18641667                                       | 0,3                                      | 10,88641667        |
| 16                    | 11,93217778                                       | 0,316666667                              | 11,61551111        |
| 17                    | 12,67793889                                       | 0,333333333                              | 12,34460556        |
| 18                    | 13,4237                                           | 0,35                                     | 13,0737            |
| 19                    | 14,16946111                                       | 0,366666667                              | 13,80279444        |
| 20                    | 14,91522222                                       | 0,383333333                              | 14,53188889        |
| 21                    | 15,66098333                                       | 0,4                                      | 15,26098333        |
| 22                    | 16,40674444                                       | 0,416666667                              | 15,99007778        |
| 23                    | 17,15250556                                       | 0,433333333                              | 16,71917222        |
| 24                    | 17,89826667                                       | 0,45                                     | 17,44826667        |
| 25                    | 18,64402778                                       | 0,466666667                              | 18,17736111        |
| 26                    | 19,38978889                                       | 0,483333333                              | 18,90645556        |
| 27                    | 20,13555                                          | 0,5                                      | 19,63555           |
| 28                    | 20,88131111                                       | 0,516666667                              | 20,36464444        |
| 29                    | 21,62707222                                       | 0,533333333                              | 21,09373889        |
| 30                    | 22,37283333                                       | 0,55                                     | 21,82283333        |
| 31                    | 23,11859444                                       | 0,566666667                              | 22,55192778        |
| 32                    | 23,86435556                                       | 0,583333333                              | 23,28102222        |
| 33                    | 24,61011667                                       | 0,6                                      | 24,01011667        |
| 34                    | 25,35587778                                       | 0,616666667                              | 24,73921111        |
| 35                    | 26,10163889                                       | 0,633333333                              | 25,46830556        |
| 36                    | 26,8474                                           | 0,65                                     | 26,1974            |
| 37                    | 27,59316111                                       | 0,666666667                              | 26,92649444        |
| 38                    | 28,33892222                                       | 0,683333333                              | 27,65558889        |
| 39                    | 29,08468333                                       | 0,7                                      | 28,38468333        |
| 40                    | 29,83044444                                       | 0,716666667                              | 29,11377778        |

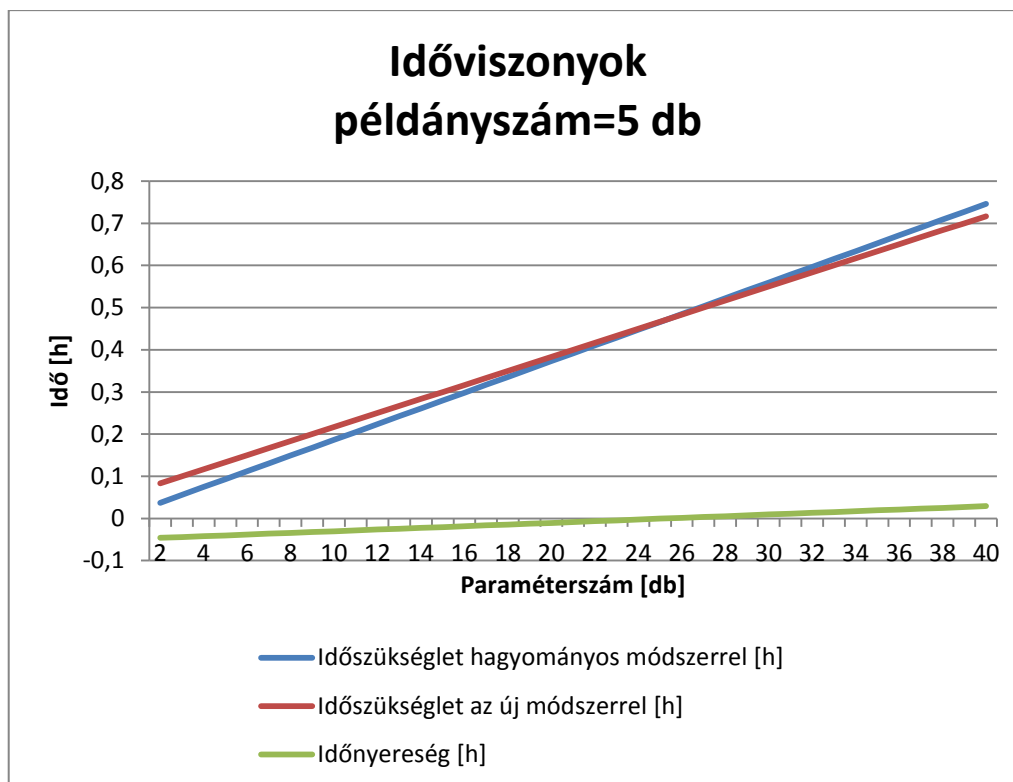
### 9.3 Időnyereség grafikonos adatok



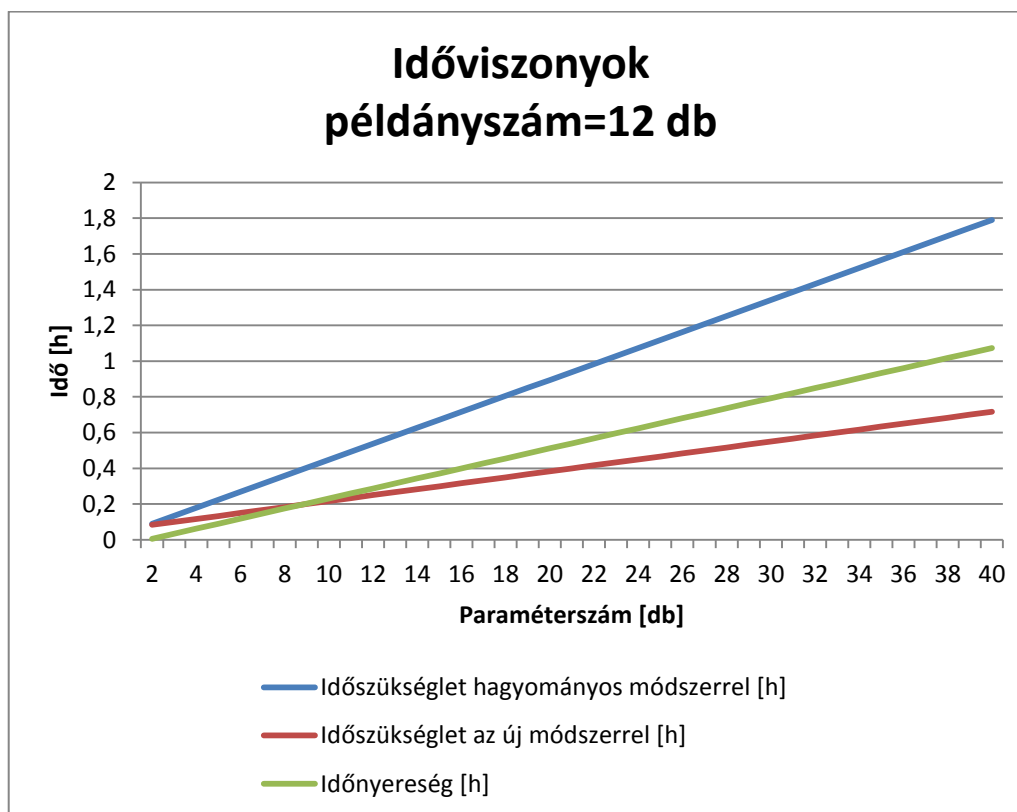
9.1. ábra: Időnyereség 2 példányra



9.2. ábra: Időnyereség 4 példányra

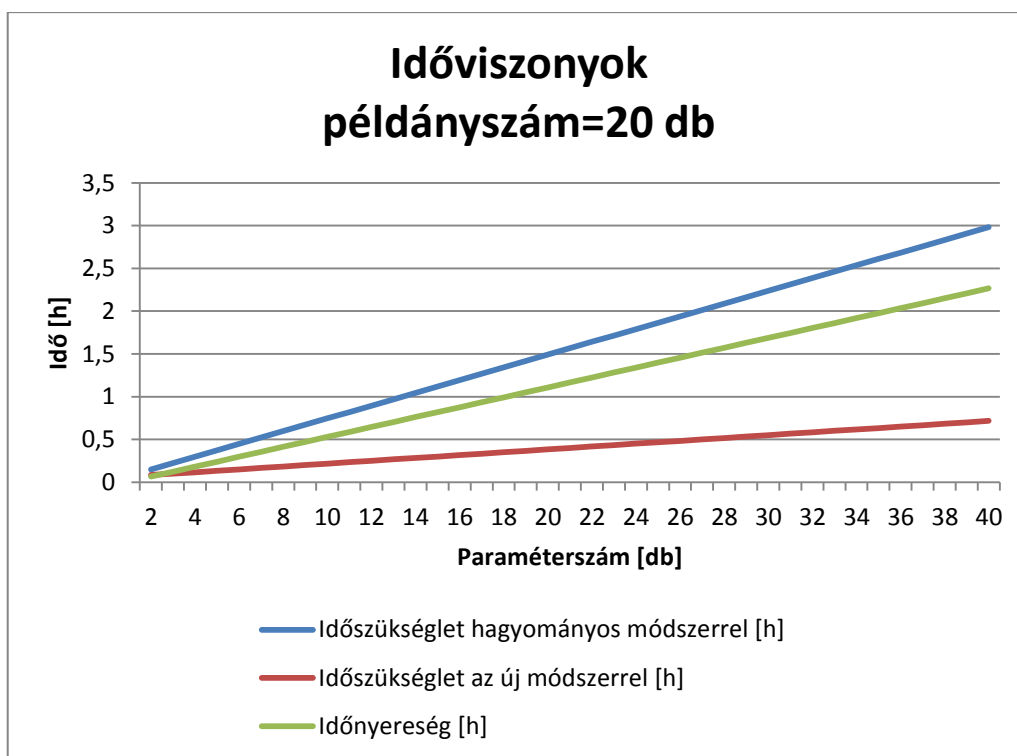


9.3. ábra: Időnyereség 5 példányra

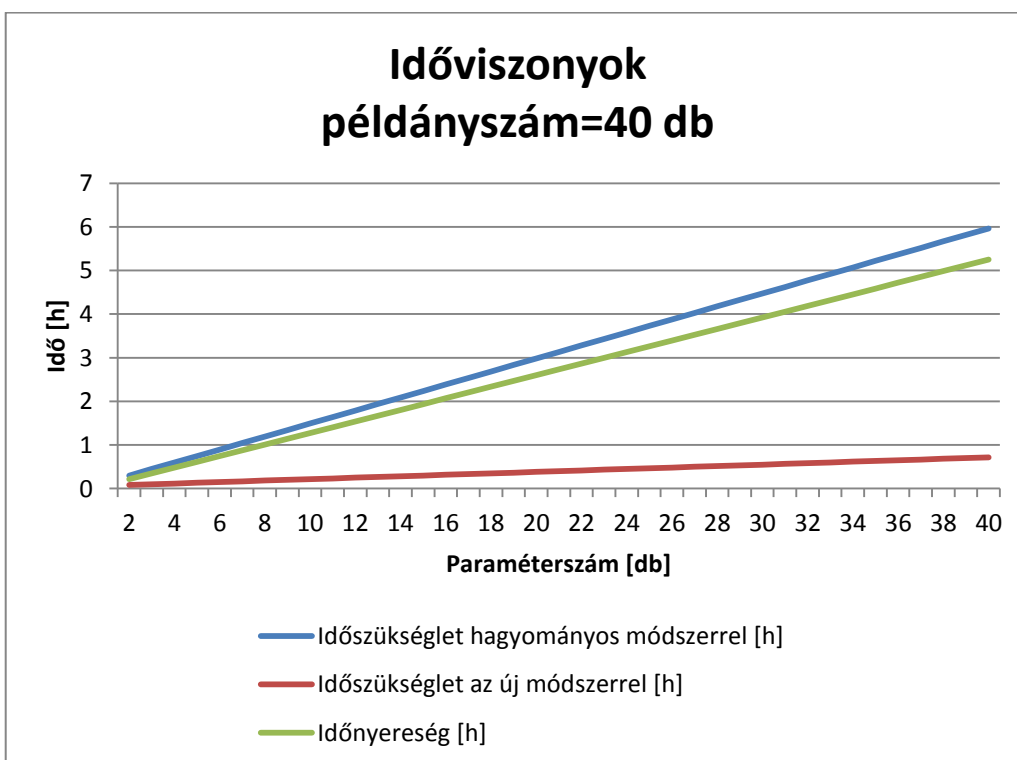


9.4. ábra: Időnyereség 12 példányra

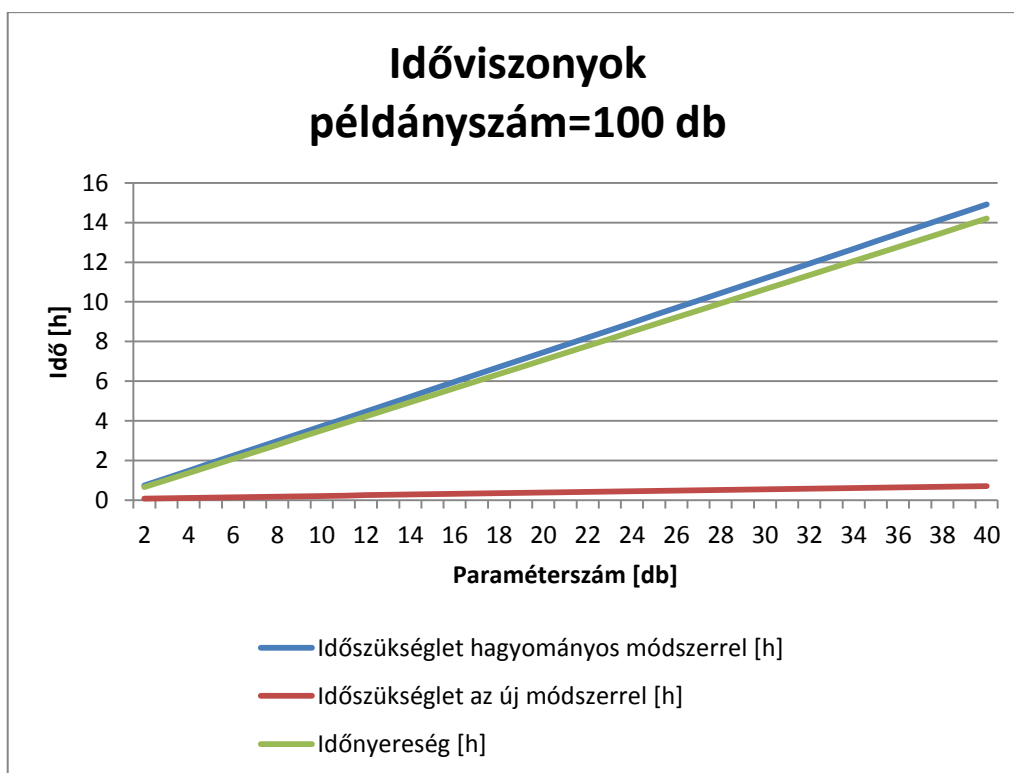




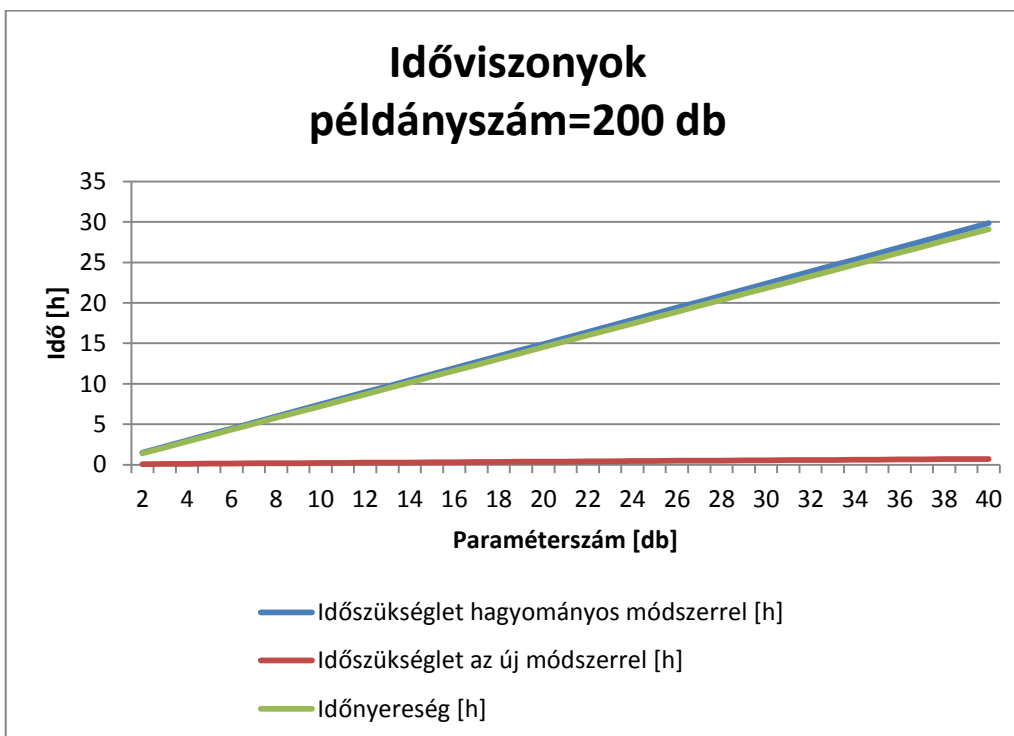
9.5. ábra: Időnyereség 20 példányra



9.6. ábra: Időnyereség 40 példányra



9.7. ábra: Időnyereség 100 példányra



9.8. ábra: Időnyereség 200 példányra

## 9.4 A MAVIR szimulátor modul forráskódja

A globális változóknál az alábbi deklarációs kiegészítés szükséges:

```
var  
  WriteGroup : TdOPCGroup;  
  F : Textfile;
```

Az alábbi kódrész feladata a kiválasztott OPC szerverben az írási csoport konfigurálása, majd a csatlakozás a szerverhez. A konfigurált OPC tag-ről a felhasználó a Memo1 ablakon keresztül kap értesítést.

```
procedure TForm1.bConnectClick(Sender: TObject);  
begin  
  if Trim(ServerCombo.Text) <> '' then  
    begin  
      Memo1.Clear;  
      OpcServer.ServerName := ServerCombo.Text;  
      WriteGroup.OPCItems.AddItem('MicroWin.Eromu.MAVIR_igeny');  
      OpcServer.Active := true;  
      Memo1.Lines.Add(format('Item %s insert to group %s',  
        ['MicroWin.Eromu.MAVIR_igeny', OpcServer.OPCGroups[0].Name]));  
    end  
  else  
    ShowMessage('first select OPC Server');  
  end;
```

Az alábbi kódrész feladata az OPC szerverről való lekapcsolódás kezdeményezése.

```
procedure TForm1.bDisconnectClick(Sender: TObject);  
begin  
  OpcServer.Active := false;  
end;
```

Az alábbi kódrész feladata az időzítő engedélyezése.

```
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);  
begin  
  Timer1.Enabled := True;  
end;
```

Az alábbi kódrész feladata az időzítő tiltása.

```
procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);  
begin  
    Timer1.Enabled := False;  
end;
```

Az alábbi kódrész feladata a program bezárásakor a megnyitott file lezárása.

```
procedure TForm1.FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);  
begin  
    CloseFile(F);  
end;
```

Az alábbi kódrész feladata, hogy a program indulásakor egy írási csoportot hozzon létre, valamint megnyissa az adatokat tartalmazó file-t.

```
procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);  
begin  
    WriteGroup := OPCServer.OPCGroups.Add('writegroup');  
    AssignFile(F, 'c:\test.csv');  
    reset(F);  
end;
```

Az alábbi kódrész feladata, hogy informálja a felhasználót, ha sikeres kapcsolódás történt az OPC szerverhez.

```
procedure TForm1.OPCServerConnect(Sender: TObject);  
begin  
    Memo1.Lines.Add(format('connected to server %s',[OPCServer.Servername]));  
end;
```

Az alábbi kódrész feladata az, hogy az OPC szerver új értékekkel rendelkező változóiról informálja a felhasználót.

```
procedure TForm1.OPCServerDatachange(Sender: TObject; ItemList:  
TdOPCItemList);  
var  
    Q : string;  
    i : integer;  
begin  
    for i := 0 to ItemList.Count-1 do
```

```
begin
  Q := 'bad';
  with ItemList[i] do
    begin

      if isGoodQuality then Q := 'good';
      Memo1.Lines.Add(format('-> Item %s Value %s Time: %s Quality: %s',
        [ItemId, ValueStr, DateTimeToStr(TimeStamp), Q]));
    end;
  end;
end;
```

Az alábbi kódrész feladata, hogy informálja a felhasználót, ha sikeres lekapcsolódás történt az OPC szerverről.

```
procedure TForm1.OPCServerDisconnect(Sender: TObject);
begin
  OPCServer.OPCGroups[0].OPCItems.RemoveAll;
  Memo1.Lines.Add(format('disconnected from server %s',[OPCServer.Servername]));
end;
```

Az alábbi kódrész feladata, hogy informálja a felhasználót az OPC szerver leállításáról.

```
procedure TForm1.OPCServerServerShutdown(Sender: TObject; Reason: string);
begin
  Memo1.Lines.Add('disconnect call from opc server');
end;
```

Az alábbi kódrész feladata, hogy informálja a felhasználót az OPC szerver időtúllépésének bekövetkeztéről.

```
procedure TForm1.OPCServerTimeout(Sender: TObject);
begin
  Memo1.Lines.Add('opc server time out');
end;
```

Az alábbi kódrész feladata, hogy a felhasználónak kiválasztási lehetőséget biztosítson a számítógép futó OPC szerverek közül.

```
procedure TForm1.ServerComboDropDown(Sender: TObject);
begin
  if trim(ServerCombo.Items.Text) = '' then
    begin
```

```
Screen.Cursor := crHourGlass;  
GetOPCDAServers(ServerCombo.Items);  
Screen.Cursor := crDefault;  
end;  
end;
```

Az alábbi kódrész feladata, hogy beolvasson egy sort az adat file-ból, majd az értéket kiírja a felhasználó felé a Memo2 ablakba és elküldje azt az OPC szerver megfelelő változójába.

```
procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);  
var  
    Item      : TdOPCItem;  
    s : string;  
begin  
    Item := WriteGroup.OPCItems.FindOPCItem('MicroWin.Eromu.MAVIR_igeny');  
    Readln(F,s);  
    memo2.Lines.Add(s);  
    if Item <> nil then  
        begin  
            Item.WriteSync(strtoint(s));  
        end;  
end;
```

## 9.5 A blokk szimulátor modul forráskódja

A globális változóknál az alábbi deklarációs kiegészítés szükséges:

```
uses  
    math;  
  
var  
    uj_1, akt_1, uj_2, akt_2, uj_3, akt_3, uj_4, akt_4 : real;  
    WriteGroup : TdOPCGroup;  
    kapcsolodott : bool;
```

Az alábbi kódrész feladata a kiválasztott OPC szerverben az írási csoport konfigurálása, majd a csatlakozás a szerverhez. A konfigurált OPC tagról a felhasználó a Memo1 ablakon keresztül kap értesítést.

**procedure TForm1.bConnectClick(Sender: TObject);**

```
begin
  if Trim(ServerCombo.Text) <> '' then
    begin
      Memo1.Clear;
      OpcServer.ServerName := ServerCombo.Text;
      WriteGroup.OPCItems.AddItem('MicroWin.Eromu.Blokk_1.Szab_alapjel');
      WriteGroup.OPCItems.AddItem('MicroWin.Eromu.Blokk_2.Szab_alapjel');
      WriteGroup.OPCItems.AddItem('MicroWin.Eromu.Blokk_3.Szab_alapjel');
      WriteGroup.OPCItems.AddItem('MicroWin.Eromu.Blokk_4.Szab_alapjel');
      WriteGroup.OPCItems.AddItem('MicroWin.Eromu.Blokk_1.Aktualis_teljesitmeny');
      WriteGroup.OPCItems.AddItem('MicroWin.Eromu.Blokk_2.Aktualis_teljesitmeny');
      WriteGroup.OPCItems.AddItem('MicroWin.Eromu.Blokk_3.Aktualis_teljesitmeny');
      WriteGroup.OPCItems.AddItem('MicroWin.Eromu.Blokk_4.Aktualis_teljesitmeny');
      OpcServer.Active := true;

      Memo1.Lines.Add(format('Item %s insert to group %s',
        ['MicroWin.Eromu.Blokk_1.Szab_alapjel',OpcServer.OPCGroups[0].Name]));
      Memo1.Lines.Add(format('Item %s insert to group %s',
        ['MicroWin.Eromu.Blokk_2.Szab_alapjel',OpcServer.OPCGroups[0].Name]));
      Memo1.Lines.Add(format('Item %s insert to group %s',
        ['MicroWin.Eromu.Blokk_3.Szab_alapjel',OpcServer.OPCGroups[0].Name]));
      Memo1.Lines.Add(format('Item %s insert to group %s',
        ['MicroWin.Eromu.Blokk_4.Szab_alapjel',OpcServer.OPCGroups[0].Name]));
      Memo1.Lines.Add(format('Item %s insert to group %s',
        ['MicroWin.Eromu.Blokk_1.Aktualis_teljesitmeny',OpcServer.OPCGroups[0].Name]));
      Memo1.Lines.Add(format('Item %s insert to group %s',
        ['MicroWin.Eromu.Blokk_2.Aktualis_teljesitmeny',OpcServer.OPCGroups[0].Name]));
      Memo1.Lines.Add(format('Item %s insert to group %s',
        ['MicroWin.Eromu.Blokk_3.Aktualis_teljesitmeny',OpcServer.OPCGroups[0].Name]));
      Memo1.Lines.Add(format('Item %s insert to group %s',
        ['MicroWin.Eromu.Blokk_4.Aktualis_teljesitmeny',OpcServer.OPCGroups[0].Name]));
    end
  else
    ShowMessage('first select OPC Server');
end;
```

Az alábbi kódrész feladata az OPC szerverről való lekapcsolódás kezdeményezése.

**procedure TForm1.bDisconnectClick(Sender: TObject);**

```
begin
  OpcServer.Active := false;
end;
```

Az alábbi kódrész feladata, hogy a program indulásakor egy írási csoportot hozzon létre, valamint hamisra állítja a kapcsolódás jelzőjét.

```
procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);  
begin  
    WriteGroup := OPCServer.OPCGroups.Add('writegroup');  
    kapcsolodott := false;  
end;
```

Az alábbi kódrész feladata, hogy informálja a felhasználót, ha sikeres kapcsolódás történt az OPC szerverhez és igazra állítja ekkor a kapcsolódás jelzőjét.

```
procedure TForm1.OPCServerConnect(Sender: TObject);  
begin  
    Memo1.Lines.Add(format('connected to server %s',[OPCServer.Servername]));  
    kapcsolodott := true;  
end;
```

Az alábbi kódrész feladata az, hogy az OPC szerver új értékekkel rendelkező változóiról informálja a felhasználót valamint azokat a megfelelő változókba juttassa.

```
procedure TForm1.OPCServerDatachange(Sender: TObject; ItemList:  
TdOPCItemList);  
var  
    Q : string;  
    i : integer;  
begin  
    for i := 0 to ItemList.Count-1 do // more than one Items possible  
        begin  
            Q := 'bad';  
            with ItemList[i] do  
                begin  
                    if isGoodQuality then Q := 'good';  
                    Memo1.Lines.Add(format('-> Item %s Value %s Time: %s Quality: %s',  
                        [ItemId,ValueStr,DateTimeToStr(TimeStamp),Q]));  
                    if ItemId = 'MicroWin.Eromu.Blokk_1.Szab_alapjel' then Edit1.Text := ValueStr;  
                    if ItemId = 'MicroWin.Eromu.Blokk_2.Szab_alapjel' then Edit3.Text := ValueStr;  
                    if ItemId = 'MicroWin.Eromu.Blokk_3.Szab_alapjel' then Edit5.Text := ValueStr;  
                    if ItemId = 'MicroWin.Eromu.Blokk_4.Szab_alapjel' then Edit7.Text := ValueStr;  
                end;  
            end;  
        end;  
end;
```



Az alábbi kódrész feladata, hogy informálja a felhasználót, ha sikeres lekapcsolódás történt az OPC szerverről.

```
procedure TForm1.OPCServerDisconnect(Sender: TObject);  
begin  
    OPCServer.OPCGroups[0].OPCItems.RemoveAll; // remove all Items  
    Memo1.Lines.Add(format('disconnected from server %s',[OPCServer.Servername]));  
end;
```

Az alábbi kódrész feladata, hogy informálja a felhasználót az OPC szerver leállításáról.

```
procedure TForm1.OPCServerServerShutdown(Sender: TObject; Reason: string);  
begin  
    Memo1.Lines.Add('disconnect call from opc server');  
end;
```

Az alábbi kódrész feladata, hogy informálja a felhasználót az OPC szerver időtúllépésének bekövetkeztéről.

```
procedure TForm1.OPCServerTimeout(Sender: TObject);  
begin  
    Memo1.Lines.Add('opc server time out');  
end;
```

Az alábbi kódrész feladata, hogy a felhasználónak kiválasztási lehetőséget biztosítson a számítógép futó OPC szerverek közül.

```
procedure TForm1.ServerComboDropDown(Sender: TObject);  
begin  
    if trim(ServerCombo.Items.Text) = '' then  
        begin  
            Screen.Cursor := crHourGlass;  
            GetOPCDAServers(ServerCombo.Items);  
            Screen.Cursor := crDefault;  
        end;  
    end;
```

Az alábbi kódrész feladata, az egyes blokk aktuális teljesítményének a meghatározása növelési igény esetén. Az új érték megjelenítésre kerül a program kezelőfelületén és az OPC szerver megfelelő tag-je is íródik.

**procedure novelni\_10;**

```
var
  Item      : TdOPCItem;
  a : integer;
begin
  a := floor(akt_1);
  case a of
    0..109 : akt_1 := akt_1 + 3;
    110..119 : akt_1 := akt_1 + 5;
    120..179 : akt_1 := akt_1 + 7;
    180..225 : akt_1 := akt_1 + 3;
  end;
  if akt_1 > uj_1 then akt_1 := uj_1;
  Form1.Edit2.Text := floattostr(akt_1);
  if kapcsolodott then
    begin
      Item :=
WriteGroup.OPCItems.FindOPCItem('MicroWin.Eromu.Blokk_1.Aktualis_teljesitmeny');
      Item.WriteSync(akt_1);
    end;
  end;
```

Az alábbi kódrész feladata, a kettes blokk aktuális teljesítményének a meghatározása növelési igény esetén. Az új érték megjelenítésre kerül a program kezelőfelületén és az OPC szerver megfelelő tag-je is íródik.

**procedure novelni\_20;**

```
var
  Item      : TdOPCItem;
  a : integer;
begin
  a := floor(akt_2);
  case a of
    0..109 : akt_2 := akt_2 + 3;
    110..119 : akt_2 := akt_2 + 5;
    120..179 : akt_2 := akt_2 + 7;
    180..225 : akt_2 := akt_2 + 3;
  end;
  if akt_2 > uj_2 then akt_2 := uj_2;
  Form1.Edit4.Text := floattostr(akt_2);
  if kapcsolodott then
    begin
      Item :=
WriteGroup.OPCItems.FindOPCItem('MicroWin.Eromu.Blokk_2.Aktualis_teljesitmeny');
      Item.WriteSync(akt_2);
    end;
  end;
```

Az alábbi kódrész feladata, a hármas blokk aktuális teljesítményének a meghatározása növelési igény esetén. Az új érték megjelenítésre kerül a program kezelőfelületén és az OPC szerver megfelelő tag-je is íródik.

***procedure novelni\_30;***

```
var
  Item      : TdOPCItem;
  a : integer;
begin
  a := floor(akt_3);
  case a of
    0..109 : akt_3 := akt_3 + 3;
    110..119 : akt_3 := akt_3 + 5;
    120..179 : akt_3 := akt_3 + 7;
    180..225 : akt_3 := akt_3 + 3;
  end;
  if akt_3 > uj_3 then akt_3 := uj_3;
  Form1.Edit6.Text := floattostr(akt_3);
  if kapcsolodott then
    begin
      Item :=
        WriteGroup.OPCItems.FindOPCItem('MicroWin.Eromu.Blokk_3.Aktualis_teljesitmeny');
      Item.WriteSync(akt_3);
    end;
end;
```

A fenti kódrész feladata, a négyes blokk aktuális teljesítményének a meghatározása növelési igény esetén. Az új érték megjelenítésre kerül a program kezelőfelületén és az OPC szerver megfelelő tag-je is íródik.

***procedure novelni\_40;***

```
var
  Item      : TdOPCItem;
  a : integer;
begin
  a := floor(akt_4);
  case a of
    0..109 : akt_4 := akt_4 + 3;
    110..119 : akt_4 := akt_4 + 5;
    120..179 : akt_4 := akt_4 + 7;
    180..225 : akt_4 := akt_4 + 3;
  end;
  if akt_4 > uj_4 then akt_4 := uj_4;
  Form1.Edit8.Text := floattostr(akt_4);
  if kapcsolodott then
    begin
```

```
Item :=  
WriteGroup.OPCItems.FindOPCItem('MicroWin.Eromu.Blokk_4.Aktualis_teljesitmeny');  
Item.WriteSync(akt_4);  
end;  
end;
```

Az alábbi kódrész feladata, az egyes blokk aktuális teljesítményének a meghatározása csökkentési igény esetén. Az új érték megjelenítésre kerül a program kezelőfelületén és az OPC szerver megfelelő tag-je is íródik.

```
procedure csokkenten_1();  
var  
Item : TdOPCItem;  
a : integer;  
begin  
a := floor(akt_1);  
case a of  
216..225 : akt_1 := akt_1 - 3;  
91..215 : akt_1 := akt_1 - 3.5;  
0..90 : akt_1 := akt_1 - 3;  
end;  
if akt_1 < uj_1 then akt_1 := uj_1;  
Form1.Edit2.Text := floattostr(akt_1);  
if kapcsolodott then  
begin  
Item :=  
WriteGroup.OPCItems.FindOPCItem('MicroWin.Eromu.Blokk_1.Aktualis_teljesitmeny');  
Item.WriteSync(akt_1);  
end;  
end;
```

Az alábbi kódrész feladata, a kettes blokk aktuális teljesítményének a meghatározása csökkentési igény esetén. Az új érték megjelenítésre kerül a program kezelőfelületén és az OPC szerver megfelelő tag-je is íródik.

```
procedure csokkenten_2();  
var  
Item : TdOPCItem;  
a : integer;  
begin  
a := floor(akt_2);  
case a of  
216..225 : akt_2 := akt_2 - 3;  
91..215 : akt_2 := akt_2 - 3.5;  
0..90 : akt_2 := akt_2 - 3;
```

```
end;  
if akt_2 < uj_2 then akt_2 := uj_2;  
Form1.Edit4.Text := floattostr(akt_2);  
if kapcsolodott then  
begin  
Item :=  
WriteGroup.OPCItems.FindOPCItem('MicroWin.Eromu.Blokk_2.Aktualis_teljesitmeny');  
Item.WriteSync(akt_2);  
end;  
end;
```

Az alábbi kódrész feladata, a hármas blokk aktuális teljesítményének a meghatározása csökkentési igény esetén. Az új érték megjelenítésre kerül a program kezelőfelületén és az OPC szerver megfelelő tag-je is íródik.

#### ***procedure csokkenten\_3();***

```
var  
Item : TdOPCItem;  
a : integer;  
begin  
a := floor(akt_3);  
case a of  
216..225 : akt_3 := akt_3 - 3;  
91..215 : akt_3 := akt_3 - 3.5;  
0..90 : akt_3 := akt_3 - 3;  
end;  
if akt_3 < uj_3 then akt_3 := uj_3;  
Form1.Edit6.Text := floattostr(akt_3);  
if kapcsolodott then  
begin  
Item :=  
WriteGroup.OPCItems.FindOPCItem('MicroWin.Eromu.Blokk_3.Aktualis_teljesitmeny');  
Item.WriteSync(akt_3);  
end;  
end;
```

Az alábbi kódrész feladata, a négyes blokk aktuális teljesítményének a meghatározása csökkentési igény esetén. Az új érték megjelenítésre kerül a program kezelőfelületén és az OPC szerver megfelelő tag-je is íródik.

#### ***procedure csokkenten\_4();***

```
var  
Item : TdOPCItem;  
a : integer;  
begin
```

```
a := floor(akt_4);
case a of
  216..225 : akt_4 := akt_4 - 3;
  91..215 : akt_4 := akt_4 - 3.5;
  0..90 : akt_4 := akt_4 - 3;
end;
if akt_4 < uj_4 then akt_4 := uj_4;
Form1.Edit8.Text := floattostr(akt_4);
if kapcsolodott then
begin
  Item :=
WriteGroup.OPCItems.FindOPCItem('MicroWin.Eromu.Blokk_4.Aktualis_teljesitmeny');
  Item.WriteSync(akt_4);
end;
end;
```

A fenti kódrész feladata, hogy az új, kívánt értéket hasonlítsa össze az aktuális értékkel és hívja meg a megfelelő procedúrát minden blokk esetében.

**procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);**

```
begin
  uj_1 := strtofloat(Form1.Edit1.Text);
  akt_1 := strtofloat(Form1.Edit2.Text);
  uj_2 := strtofloat(Form1.Edit3.Text);
  akt_2 := strtofloat(Form1.Edit4.Text);
  uj_3 := strtofloat(Form1.Edit5.Text);
  akt_3 := strtofloat(Form1.Edit6.Text);
  uj_4 := strtofloat(Form1.Edit7.Text);
  akt_4 := strtofloat(Form1.Edit8.Text);

  if uj_1 > akt_1 then novelni_1();
  if uj_2 > akt_2 then novelni_2();
  if uj_3 > akt_3 then novelni_3();
  if uj_4 > akt_4 then novelni_4();
  if uj_1 < akt_1 then csokkentalni_1();
  if uj_2 < akt_2 then csokkentalni_2();
  if uj_3 < akt_3 then csokkentalni_3();
  if uj_4 < akt_4 then csokkentalni_4();
end;
```

## 9.6 A terhelés elosztó modul forráskódja

A globális változóknál az alábbi deklarációs kiegészítés szükséges:

```
uses
  math;

var
  blokk_szam : byte;
  max_telj, mavir_igeny_kezi : integer;
  uj_szab_1, akt_1, uj_szab_2, akt_2, uj_szab_3, akt_3, uj_szab_4, akt_4, mavir_igeny :
  real;
  A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L : real;
  WriteGroup : TdOPCGroup;
  kapcsolodott : bool;
```

Az alábbi kódrész feladata a kiválasztott OPC szerverben az írási csoport konfigurálása, majd csatlakozás a szerverhez. A konfigurált OPC tag-ről a felhasználó a Memo1 ablakon keresztül kap értesítést. A csatlakozás után az algoritmusok és blokkszám közötti váltás tiltásra kerül. A fajlagos karakterisztikák paraméterei beolvasódnak a megfelelő változóba. Az időzítő engedélyezésre kerül. A kapcsolódás jelzője igazgá válik.

```
procedure TForm1.bConnectClick(Sender: TObject);
begin
  if Trim(ServerCombo.Text) <> '' then
    begin
      Memo1.Clear;
      OpcServer.ServerName := ServerCombo.Text;
      WriteGroup.OPCItems.AddItem('MicroWin.Eromu.Blokk_1.Szab_alapjel');
      WriteGroup.OPCItems.AddItem('MicroWin.Eromu.Blokk_2.Szab_alapjel');
      WriteGroup.OPCItems.AddItem('MicroWin.Eromu.Blokk_3.Szab_alapjel');
      WriteGroup.OPCItems.AddItem('MicroWin.Eromu.Blokk_4.Szab_alapjel');
      WriteGroup.OPCItems.AddItem('MicroWin.Eromu.Blokk_1.Aktualis_teljesitmeny');
      WriteGroup.OPCItems.AddItem('MicroWin.Eromu.Blokk_2.Aktualis_teljesitmeny');
      WriteGroup.OPCItems.AddItem('MicroWin.Eromu.Blokk_3.Aktualis_teljesitmeny');
      WriteGroup.OPCItems.AddItem('MicroWin.Eromu.Blokk_4.Aktualis_teljesitmeny');
      WriteGroup.OPCItems.AddItem('MicroWin.Eromu.MAVIR_igeny');
      OpcServer.Active := true; // connect to Server
      Memo1.Lines.Add(format('Item %s insert to group %s',
        ['MicroWin.Eromu.Blokk_1.Szab_alapjel', OpcServer.OPCGroups[0].Name]));
      Memo1.Lines.Add(format('Item %s insert to group %s',
        ['MicroWin.Eromu.Blokk_2.Szab_alapjel', OpcServer.OPCGroups[0].Name]));
      Memo1.Lines.Add(format('Item %s insert to group %s',
        ['MicroWin.Eromu.Blokk_3.Szab_alapjel', OpcServer.OPCGroups[0].Name]));
      Memo1.Lines.Add(format('Item %s insert to group %s',
```

```
['MicroWin.Eromu.Blokk_4.Szab_alapjel',OPCServer.OPCGroups[0].Name]));  
Memo1.Lines.Add(format('Item %s insert to group %s',  
    ['MicroWin.Eromu.Blokk_1.Aktualis_teljesitmeny',OPCServer.OPCGroups[0].Name]));  
Memo1.Lines.Add(format('Item %s insert to group %s',  
    ['MicroWin.Eromu.Blokk_2.Aktualis_teljesitmeny',OPCServer.OPCGroups[0].Name]));  
Memo1.Lines.Add(format('Item %s insert to group %s',  
    ['MicroWin.Eromu.Blokk_3.Aktualis_teljesitmeny',OPCServer.OPCGroups[0].Name]));  
Memo1.Lines.Add(format('Item %s insert to group %s',  
    ['MicroWin.Eromu.Blokk_4.Aktualis_teljesitmeny',OPCServer.OPCGroups[0].Name]));  
Memo1.Lines.Add(format('Item %s insert to group %s',  
    ['MicroWin.Eromu.MAVIR_igeny',OPCServer.OPCGroups[0].Name]));  
RadioGroup1.Enabled := false;  
RadioGroup2.Enabled := false;  
Timer1.Enabled := true;  
kapcsolodott := true;  
A := strtofloat(edit2.Text);  
B := strtofloat(edit3.Text);  
C := strtofloat(edit4.Text);  
D := strtofloat(edit8.Text);  
E := strtofloat(edit9.Text);  
F := strtofloat(edit10.Text);  
G := strtofloat(edit5.Text);  
H := strtofloat(edit6.Text);  
I := strtofloat(edit7.Text);  
end  
else  
    ShowMessage('first select OPC Server');  
end;
```

Az alábbi kódrész feladata az OPC szerverről való lekapcsolódás kezdeményezése. A lecsatlakozás után az algoritmusok és blokkszám közötti váltás engedélyezésre kerül. Az időzítő tiltásra kerül. A kapcsolódás jelzője hamissá válik.

```
procedure TForm1.bDisconnectClick(Sender: TObject);  
begin  
    OpcServer.Active := false;  
    Timer1.Enabled := false;  
    RadioGroup1.Enabled := true;  
    RadioGroup2.Enabled := true;  
    kapcsolodott := false;  
end;
```



Az alábbi kódrész feladata, hogy a program indulásakor egy írási csoportot hozzon létre.

```
procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);  
begin  
    WriteGroup := OPCServer.OPCGroups.Add('writegroup1');  
end;
```

Az alábbi kódrész feladata, hogy informálja a felhasználót, ha sikeres kapcsolódás történt az OPC szerverhez.

```
procedure TForm1.OPCServerConnect(Sender: TObject);  
begin  
    Memo1.Lines.Add(format('connected to server %s',[OPCServer.Servername]));  
end;
```

Az alábbi kódrész feladata az, hogy az OPC szerver új értékekkel rendelkező változóiról informálja a felhasználót valamint azokat a megfelelő változókba juttassa.

```
procedure TForm1.OPCServerDatachange(Sender: TObject; ItemList:  
TdOPCItemList);  
var  
    Q : string;  
    i : integer;  
begin  
    for i := 0 to ItemList.Count-1 do  
        begin  
            Q := 'bad';  
            with ItemList[i] do  
                begin  
                    if isGoodQuality then Q := 'good';  
                    Memo1.Lines.Add(format('-> Item %s Value %s Time: %s Quality: %s',  
                        [ItemId,ValueStr,DateTimeToStr(TimeStamp),Q]));  
                    if ItemId = 'MicroWin.Eromu.Blokk_1.Aktualis_teljesitmeny' then akt_1 := Value;  
                    if ItemId = 'MicroWin.Eromu.Blokk_2.Aktualis_teljesitmeny' then akt_2 := Value;  
                    if ItemId = 'MicroWin.Eromu.Blokk_3.Aktualis_teljesitmeny' then akt_3 := Value;  
                    if ItemId = 'MicroWin.Eromu.Blokk_4.Aktualis_teljesitmeny' then akt_4 := Value;  
                    if ItemId = 'MicroWin.Eromu.MAVIR_igeny' then mavir_igeny := Value;  
                end;  
            end;  
        end;  
end;
```

Az alábbi kódrész feladata, hogy informálja a felhasználót, ha sikeres lekapcsolódás történt az OPC szerverről.

```
procedure TForm1.OPCServerDisconnect(Sender: TObject);  
begin  
    OPCServer.OPCGroups[0].OPCItems.RemoveAll; // remove all Items  
    Memo1.Lines.Add(format('disconnected from server %s',[OPCServer.Servername]));  
end;
```

Az alábbi kódrész feladata, hogy informálja a felhasználót az OPC szerver leállításáról.

```
procedure TForm1.OPCServerServerShutdown(Sender: TObject; Reason: string);  
begin  
    Memo1.Lines.Add('disconnect call from opc server');  
end;
```

Az alábbi kódrész feladata, hogy informálja a felhasználót az OPC szerver időtúllépésének bekövetkeztéről.

```
procedure TForm1.OPCServerTimeout(Sender: TObject);  
begin  
    Memo1.Lines.Add('opc server time out');  
end;
```

Az alábbi kódrész feladata, hogy informálja a felhasználót a kiválasztott elosztó algoritmus típusáról.

```
procedure TForm1.RadioGroup1Click(Sender: TObject);  
begin  
    Memo1.Lines.Add(format('Elosztó algoritmus: %s',  
        [radiogroup1.Items[RadioGroup1.ItemIndex]]));  
end;
```

Az alábbi kódrész feladata, hogy az üzemelő blokkok kiválasztása során adja ki azoknak az 50MW-ra történő terheléshez az alapjelet és állítsa be a blokkszám változó helyes értékét.

```
procedure TForm1.RadioGroup2Click(Sender: TObject);  
begin  
    if RadioGroup2.ItemIndex = 0 then  
        begin  
            blokkszám := 1;  
        end;
```

```
uj_szab_1 := 50;
uj_szab_2 := 0;
uj_szab_3 := 0;
uj_szab_4 := 0;
mavir_igeny_kezi := 50;
end;

if RadioGroup2.ItemIndex = 1 then
begin
    blokkzam := 2;
    uj_szab_1 := 50;
    uj_szab_2 := 50;
    uj_szab_3 := 0;
    uj_szab_4 := 0;
    mavir_igeny_kezi := 100;
end;

if RadioGroup2.ItemIndex = 2 then
begin
    blokkzam := 3;
    uj_szab_1 := 50;
    uj_szab_2 := 50;
    uj_szab_3 := 50;
    uj_szab_4 := 0;
    mavir_igeny_kezi := 150;
end;

if RadioGroup2.ItemIndex = 3 then
begin
    blokkzam := 4;
    uj_szab_1 := 50;
    uj_szab_2 := 50;
    uj_szab_3 := 50;
    uj_szab_4 := 50;
    mavir_igeny_kezi := 200;
end;
Memo1.Lines.Add(format('Üzemelő blokkok száma: %s',[inttostr(blokkzam)]));
end;
```

Az alábbi kódrész feladata, hogy a felhasználónak kiválasztási lehetőséget biztosítson a számítógépen futó OPC szerverek közül.

```
procedure TForm1.ServerComboDropDown(Sender: TObject);
begin
if trim(ServerCombo.Items.Text) = '' then
begin
    Screen.Cursor := crHourGlass;
    GetOPCDAServers(ServerCombo.Items);
```

```
Screen.Cursor := crDefault;  
end;  
end;
```

Az alábbi kódrész végzi az egyenlő mértékű elosztási algoritmus szerinti egyenletes szétosztást az üzemelő blokkok között.

**procedure egyenletes();**

```
var  
    valtoztatas, akt_ossz_szab : real;  
begin  
    akt_ossz_szab := uj_szab_1 + uj_szab_2 + uj_szab_3 + uj_szab_4;  
    valtoztatas := (mavir_igeny_kezi - akt_ossz_szab)/blokkszam;  
    case blokkszam of  
        1 :  
            begin  
                uj_szab_1 := uj_szab_1 + valtoztatas;  
            end;  
        2 :  
            begin  
                uj_szab_1 := uj_szab_1 + valtoztatas;  
                uj_szab_2 := uj_szab_2 + valtoztatas;  
            end;  
        3 :  
            begin  
                uj_szab_1 := uj_szab_1 + valtoztatas;  
                uj_szab_2 := uj_szab_2 + valtoztatas;  
                uj_szab_3 := uj_szab_3 + valtoztatas;  
            end;  
        4 :  
            begin  
                uj_szab_1 := uj_szab_1 + valtoztatas;  
                uj_szab_2 := uj_szab_2 + valtoztatas;  
                uj_szab_3 := uj_szab_3 + valtoztatas;  
                uj_szab_4 := uj_szab_4 + valtoztatas;  
            end;  
    end;  
end;  
end;
```

Az alábbi kódrész a minimális fajlagos költség szerinti elosztás esetében az üzemelő blokkok száma alapján választja ki és hívja meg a szükséges algoritmust.

**procedure min\_fajlagos();**

```
begin  
    case blokkszam of  
        2 : min_fajlagos_2();
```

```
3 : min_fajlagos_3();  
end;  
end;
```

Az alábbi kódrész a maximális dinamika szerinti elosztás esetében az üzemelő blokkok száma alapján választja ki és hívja meg a szükséges algoritmust.

```
procedure max_dinamika();  
begin  
  case blokk_szam of  
    2 : max_dinamika_2();  
    3 : max_dinamika_3();  
  end;  
end;
```

Az alábbi kódrész először veszi a szabályozók aktuális alapjeleinek összegét, majd képezi annak a MAVIR igénytel való különbségét. Ezután egy változót hamisra állítunk (kész) ami a fel- vagy leterhelés folyamatát jelzi. Ezután következnek a blokkok együttes fel- és leterheléséhez szükséges komparálások, számítások. Ha már nincs terhelésváltoztatási igény, akkor a további kódrész felelős a megfelelő szakasz szerinti algoritmus aktiválásáért. Az egyes esetek kódjai az azzal foglalkozó részeknél szerepelnek.

```
procedure max_dinamika_2();  
var  
  m1,m2, min_x : byte;  
  h1_a, h2_a, h1_f, h2_f : byte;  
  x,y,tx,ty,akt_ossz_szab,valtoztatas : real;  
  kész : bool;  
begin  
  akt_ossz_szab := uj_szab_1 + uj_szab_2 + uj_szab_3 + uj_szab_4;  
  valtoztatas := abs((mavir_igeny_kezi - akt_ossz_szab))/2;  
  kész := false;  
  if mavir_igeny_kezi > akt_ossz_szab then  
    begin  
      uj_szab_1 := uj_szab_1 + valtoztatas;  
      uj_szab_2 := uj_szab_2 + valtoztatas;  
      kész := true;  
    end;  
  if mavir_igeny_kezi < akt_ossz_szab then  
    begin  
      uj_szab_1 := uj_szab_1 - valtoztatas;  
      uj_szab_2 := uj_szab_2 - valtoztatas;  
      kész := true;  
    end;  
  end;
```

```
if not kész then
begin
case mavir_igeny_kezi of
100..159 :
begin

end;
160..169 :
Begin

end;
170..229 :
begin

end;
230..239 :
begin

end;
240..357 :
begin

end;
358..403 :
begin

end;
404..450 :
begin

end;
end;
end;
end;
```

Az alábbi kódrész először veszi a szabályozók aktuális alapjeleinek összegét, majd képezi annak a MAVIR igénnyel való különbségét. Ezután egy változót hamisra állítunk (kész) ami a fel- vagy leterhelés folyamatát jelzi. Ezután következnek a blokkok együttes fel- és leterheléséhez szükséges komparálások, számítások. Ha már nincs terhelésváltoztatási igény, akkor további kódrész felelős a megfelelő szakasz szerinti algoritmus aktiválásáért. Az egyes esetek kódjai az azzal foglalkozó részeknél szerepelnek.

```
procedure max_dinamika_30;
var
m1,m2, min_x : byte;
h1_a, h2_a, h1_f, h2_f : byte;
```

```
x,y,z,tx,ty,akt_ossz_szab,valtoztatas : real;
kész : bool;
begin
  akt_ossz_szab := uj_szab_1 + uj_szab_2 + uj_szab_3 + uj_szab_4;
  valtoztatas := abs((mavir_igeny_kezi - akt_ossz_szab))/3;
  kész := false;
  if mavir_igeny_kezi > akt_ossz_szab then
    begin
      uj_szab_1 := uj_szab_1 + valtoztatas;
      uj_szab_2 := uj_szab_2 + valtoztatas;
      uj_szab_3 := uj_szab_3 + valtoztatas;
      kész := true;
    end;
  if mavir_igeny_kezi < akt_ossz_szab then
    begin
      uj_szab_1 := uj_szab_1 - valtoztatas;
      uj_szab_2 := uj_szab_2 - valtoztatas;
      uj_szab_3 := uj_szab_3 - valtoztatas;
      kész := true;
    end;
  if not kész then
    begin
      case mavir_igeny_kezi of
        150..209 :
          begin

            end;
        210..219 :
          begin

            end;
        220..279 :
          begin

            end;
        280..289 :
          begin

            end;
        290..349 :
          begin

            end;
        350..359 :
          begin

            end;
        360..537 :
          begin
```

```
end;  
538..583 :  
begin  
  
end;  
584..629 :  
begin  
  
end;  
630..675 :  
begin  
  
end;  
end;  
end;  
end;
```

Az alábbi kódrész feladata, hogy a választásnak megfelelő algoritmust futtassa és kapcsolódott állapotban frissítse a blokkok szabályozó-alapjeleinek értékét az OPC szerverben.

***procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);***

```
var  
Item : TdOPCItem;  
begin  
case RadioGroup1.ItemIndex of  
0 : egyenletes();  
1 : max_dinamika();  
2 : min_fajlagos();  
end;  
if kapcsolodott then  
begin  
Item :=  
WriteGroup.OPCItems.FindOPCItem('MicroWin.Eromu.Blokk_1.Szab_alapjel');  
Item.WriteSync(uj_szab_1);  
Item :=  
WriteGroup.OPCItems.FindOPCItem('MicroWin.Eromu.Blokk_2.Szab_alapjel');  
Item.WriteSync(uj_szab_2);  
Item :=  
WriteGroup.OPCItems.FindOPCItem('MicroWin.Eromu.Blokk_3.Szab_alapjel');  
Item.WriteSync(uj_szab_3);  
Item :=  
WriteGroup.OPCItems.FindOPCItem('MicroWin.Eromu.Blokk_4.Szab_alapjel');  
Item.WriteSync(uj_szab_4);  
end;  
end;
```



Az alábbi kódrész az egyes algoritmusok OPC-független kézi tesztelése során használatos.

```
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);  
begin  
    mavor_igeny_kezi := strtoint(edit1.Text);  
    max_dinamika();  
end;
```

## 9.7 A minimális fajlagost adó eljárás forráskódja két blokkra

```
procedure min_fajlagos_20;  
var  
    valtoztatas, akt_ossz_szab,x,y : real;  
    x_egesz, y_egesz : integer;  
    kesz : bool;  
begin  
    akt_ossz_szab := uj_szab_1 + uj_szab_2 + uj_szab_3 + uj_szab_4;  
    Form1.Memo1.Lines.Add(format('aktoss: %s',[floattostr(akt_ossz_szab)]));  
    valtoztatas := abs((mavor_igeny_kezi - akt_ossz_szab))/2;  
    Form1.Memo1.Lines.Add(format('valoztatni: %s',[floattostr(valtoztatas)]));  
    kesz := false;  
    if mavor_igeny_kezi > akt_ossz_szab then  
        begin  
            uj_szab_1 := uj_szab_1 + valtoztatas;  
            uj_szab_2 := uj_szab_2 + valtoztatas;  
            kesz := true;  
        end;  
    if mavor_igeny_kezi < akt_ossz_szab then  
        begin  
            uj_szab_1 := uj_szab_1 - valtoztatas;  
            uj_szab_2 := uj_szab_2 - valtoztatas;  
            kesz := true;  
        end;  
    if not kesz then  
        begin  
            Form1.Memo1.Lines.Add('optimodba lepve!');  
            x := (B+2*D*mavor_igeny_kezi - E)/(2*(A+D));  
            y := mavor_igeny_kezi - x;  
            x_egesz := floor(x);  
            y_egesz := floor(y);  
            case x_egesz of  
                50..225 : uj_szab_1 := x;  
            else Form1.Memo1.Lines.Add(format('Az optimum kívül esik a blokk-1  
                tartományán:%s!',[floattostr(x)]));  
            end;  
        end;
```

```

case y_egesz of
  50..225 : uj_szab_2 := y;
  else Form1.Memo1.Lines.Add(format('Az optimum kívül esik a blokk-2
    tartományán:%s!', [floattostr(y)]));
end;
end;
end;

```

## 9.8 A minimális fajlagost adó eljárás forráskódja három blokkra

```

procedure min_fajlagos_30);
var
  valtoztatas, akt_ossz_szab, x, y, z : real;
  x_egesz, y_egesz, z_egesz : integer;
  kész : bool;
begin
  akt_ossz_szab := uj_szab_1 + uj_szab_2 + uj_szab_3 + uj_szab_4;
  Form1.Memo1.Lines.Add(format('aktoss: %s', [floattostr(akt_ossz_szab)]));
  valtoztatas := abs((mavir_igeny_kezi - akt_ossz_szab))/3;
  Form1.Memo1.Lines.Add(format('valoztatni: %s', [floattostr(valtoztatas)]));
  kész := false;
  if mavir_igeny_kezi > akt_ossz_szab then
    begin
      uj_szab_1 := uj_szab_1 + valtoztatas;
      uj_szab_2 := uj_szab_2 + valtoztatas;
      uj_szab_3 := uj_szab_3 + valtoztatas;
      kész := true;
    end;
  if mavir_igeny_kezi < akt_ossz_szab then
    begin
      uj_szab_1 := uj_szab_1 - valtoztatas;
      uj_szab_2 := uj_szab_2 - valtoztatas;
      uj_szab_3 := uj_szab_3 - valtoztatas;
      kész := true;
    end;
  if not kész then
    begin
      Form1.Memo1.Lines.Add('optimodba lépve!');
      begin
        x := (mavir_igeny_kezi - (E-B)/(2*D) - (H-B)/(2*G))/(1+A/D+A/G);
        y := (2*A*x - B + E)/(2*D);
        z := mavir_igeny_kezi - x - y;
        x_egesz := floor(x);
        y_egesz := floor(y);
        z_egesz := floor(y);
        case x_egesz of

```

```

50..225 : uj_szab_1 := x;
else Form1.Memo1.Lines.Add(format('Az optimum kívül esik a blokk-1
    tartományán:%s!',[floattostr(x)]));
end;
case y_egesz of
50..225 : uj_szab_2 := y;
else Form1.Memo1.Lines.Add(format('Az optimum kívül esik a blokk-2
    tartományán:%s!',[floattostr(y)]));
end;
case z_egesz of
50..225 : uj_szab_3 := z;
else Form1.Memo1.Lines.Add(format('Az optimum kívül esik a blokk-3
    tartományán:%s!',[floattostr(z)]));
end;
end;
end;
end;
end;

```

## 9.9 A minimumkereső eljárás forráskódja két blokkra

### **procedure opti\_uzem\_20;**

```

var
    valtoztatas, akt_ossz_szab,min_fajl, fajl_1, fajl_2 : real;
    i,j,min_x,min_y: integer;
    kész : bool;
begin
    akt_ossz_szab := uj_szab_1 + uj_szab_2 + uj_szab_3 + uj_szab_4;
    valtoztatas := abs((mavir_igeny_kezi - akt_ossz_szab))/2;
    kész := false;
    if mavir_igeny_kezi > akt_ossz_szab then
        begin
            uj_szab_1 := uj_szab_1 + valtoztatas;
            uj_szab_2 := uj_szab_2 + valtoztatas;
            kész := true;
        end;
    if mavir_igeny_kezi < akt_ossz_szab then
        begin
            uj_szab_1 := uj_szab_1 - valtoztatas;
            uj_szab_2 := uj_szab_2 - valtoztatas;
            kész := true;
        end;
    if not kész then
        begin
            Form1.Memo1.Lines.Add('optimodba lépve!');
            fajl_1:=A*50*50-B*50+C;
            fajl_2:=D*50*50-E*50+F;
            min_fajl:=fajl_1+fajl_2;
            for i := 50 to 224 + 1 do

```

```

begin
  for j := 50 to 224 + 1 do
    begin
      if i+j=mavir_igeny_kezi then
        begin
          fajl_1:=A*i-B*i+C;
          fajl_2:=D*j-E*j+F;
          if fajl_1+fajl_2 < min_fajl then
            begin
              min_x:=i;
              min_y:=j;
              min_fajl:=fajl_1+fajl_2;
            end;
          end;
        end;
      end;
      uj_szab_1 := min_x;
      uj_szab_2 := min_y;
      Form1.Memo1.Lines.Add(format('x:%s,
y:%s!', [floattostr(min_x), floattostr(min_y)]));
    end;
  end;
end;

```

## 9.10 A minimumkereső eljárás forráskódja három blokkra

```

procedure opti_uzem_3();
var
  valtoztatas, akt_ossz_szab, min_fajl, fajl_1, fajl_2, fajl_3 : real;
  i, j, k, min_x, min_y, min_z: integer;
  kesz : bool;
begin
  akt_ossz_szab := uj_szab_1 + uj_szab_2 + uj_szab_3 + uj_szab_4;
  valtoztatas := abs((mavir_igeny_kezi - akt_ossz_szab))/3;
  kesz := false;
  if mavir_igeny_kezi > akt_ossz_szab then
    begin
      uj_szab_1 := uj_szab_1 + valtoztatas;
      uj_szab_2 := uj_szab_2 + valtoztatas;
      uj_szab_3 := uj_szab_3 + valtoztatas;
      kesz := true;
    end;
  if mavir_igeny_kezi < akt_ossz_szab then
    begin
      uj_szab_1 := uj_szab_1 - valtoztatas;
      uj_szab_2 := uj_szab_2 - valtoztatas;
      uj_szab_3 := uj_szab_3 - valtoztatas;
    end;
end;

```

```

        kész := true;
    end;
if not kész then
begin
    Form1.Memo1.Lines.Add('optimodba lépve!');
    fajl_1:=A*50*50-B*50+C;
    fajl_2:=D*50*50-E*50+F;
    fajl_3:=G*50*50-H*50+I;
    min_fajl:=fajl_1+fajl_2+fajl_3;
    for i := 50 to 224 + 1 do
        begin
            for j := 50 to 224 + 1 do
                begin
                    for k := 50 to 224 + 1 do
                        begin
                            if i+j+k=mavir_igeny_kezi then
                                begin
                                    fajl_1:=A*i*i-B*i+C;
                                    fajl_2:=D*j*j-E*j+F;
                                    fajl_3:=G*k*k-H*k+I;
                                    if fajl_1+fajl_2+fajl_3 < min_fajl then
                                        begin
                                            min_x:=i;
                                            min_y:=j;
                                            min_z:=k;
                                            min_fajl:=fajl_1+fajl_2+fajl_3;
                                        end;
                                    end;
                                end;
                            end;
                        end;
                    end;
                end;
            end;
        end;
    end;
    uj_szab_1 := min_x;
    uj_szab_2 := min_y;
    uj_szab_3 := min_z;
    Form1.Memo1.Lines.Add(format('x:%s, y:%s, z:%s!', [floattostr(min_x), floattostr(min_y), floattostr(min_z)]));
end;
end;

```

### 9.11 A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja két blokkra, 7/1-es eset

```

begin
    m1 := 3;
    m2 := 3;
    h1_a := 50;
    h1_f := 109;
    h2_a := 50;

```

```
h2_f := 109;  
Y:=mavir_igeny_kezi-h1_a;  
x:=mavir_igeny_kezi-y;  
Form1.Memo1.Lines.Add(format('x:%s, y:%s!', [floattostr(x), floattostr(y)]));  
end;
```

#### 9.12 A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja két blokkra, 7/2-es eset

```
begin  
  m1 :=3;  
  m2 :=5;  
  h1_a := 50;  
  h1_f := 109;  
  h2_a := 110;  
  h2_f := 119;  
  x:=mavir_igeny_kezi-h1_a;  
  y:=mavir_igeny_kezi-x;  
  Form1.Memo1.Lines.Add(format('x:%s, y:%s!', [floattostr(x), floattostr(y)]));  
end;
```

#### 9.13 A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja két blokkra, 7/3-as eset

```
begin  
  m1 :=3;  
  m2 :=7;  
  h1_a := 50;  
  h1_f := 109;  
  h2_a := 120;  
  h2_f := 179;  
  x:=mavir_igeny_kezi-h2_a;  
  y:=mavir_igeny_kezi-x;  
  Form1.Memo1.Lines.Add(format('x:%s, y:%s!', [floattostr(x), floattostr(y)]));  
end;
```

#### 9.14 A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja két blokkra, 7/4-es eset

```
begin  
  m1 :=5;  
  m2 :=7;  
  h1_a := 110;
```

```
h1_f := 119;  
h2_a := 120;  
h2_f := 179;  
x:=mavir_igeny_kezi-h2_a;  
y:=mavir_igeny_kezi-x;  
Form1.Memo1.Lines.Add(format('x:%s, y:%s!', [floattostr(x), floattostr(y)]));  
end;
```

#### 9.15 A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja két blokkra, 7/5-ös eset

```
begin  
m1 := 7;  
m2 := 7;  
h1_a := 120;  
h1_f := 179;  
h2_a := 120;  
h2_f := 179;  
x:=mavir_igeny_kezi/2;  
y:=mavir_igeny_kezi/2;  
Form1.Memo1.Lines.Add(format('x:%s, y:%s!', [floattostr(x), floattostr(y)]));  
end;
```

#### 9.16 A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja két blokkra, 7/6-os eset

```
begin  
m1 := 7;  
m2 := 3;  
h1_a := 120;  
h1_f := 179;  
h2_a := 180;  
h2_f := 225;  
x:=(m1*(mavir_igeny_kezi-h2_f)+m2*h1_f)/(m1+m2);  
y:=mavir_igeny_kezi-x;  
Form1.Memo1.Lines.Add(format('x:%s, y:%s!', [floattostr(x), floattostr(y)]));  
end;
```

#### 9.17 A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja két blokkra, 7/7-es eset

```
begin  
m1 := 3;
```

```
m2 := 3;  
h1_a := 180;  
h1_f := 225;  
h2_a := 180;  
h2_f := 225;  
x := mavir_igeny_kezi/2;  
y := mavir_igeny_kezi/2;  
Form1.Memo1.Lines.Add(format('x:%s, y:%s!', [floattostr(x), floattostr(y)]));  
end;
```

### 9.18 A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja három blokkra, 10/1-es eset

```
begin  
  x := 50;  
  y := 50;  
  z := mavir_igeny_kezi - x - y;  
  Form1.Memo1.Lines.Add(format('x:%s, y:%s, z:%s!',  
    [floattostr(x), floattostr(y), floattostr(z)]));  
end;
```

### 9.19 A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja három blokkra, 10/2-es eset

```
begin  
  x := 50;  
  y := 50;  
  z := mavir_igeny_kezi - x - y;  
  Form1.Memo1.Lines.Add(format('x:%s, y:%s, z:%s!',  
    [floattostr(x), floattostr(y), floattostr(z)]));  
end;
```

### 9.20 A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja három blokkra, 10/3-as eset

```
begin  
  x := 50;  
  y := 120;  
  z := mavir_igeny_kezi - x - y;  
  Form1.Memo1.Lines.Add(format('x:%s, y:%s, z:%s!',  
    [floattostr(x), floattostr(y), floattostr(z)]));  
end;
```



### 9.21 A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja három blokkra, 10/4-es eset

```
begin
y:=120;
z:=50;
x:=mavir_igeny_kezi-y-z;
Form1.Memo1.Lines.Add(format('x:%s, y:%s, z:%s!',
    [floattostr(x),floattostr(y),floattostr(z)]));
end;
```

### 9.22 A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja három blokkra, 10/5-ös eset

```
begin
x:=120;
y:=120;
z:=mavir_igeny_kezi-x-y;
Form1.Memo1.Lines.Add(format('x:%s, y:%s, z:%s!',
    [floattostr(x),floattostr(y),floattostr(z)]));
end;
```

### 9.23 A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja három blokkra, 10/6-os eset

```
begin
x:=120;
y:=120;
z:=mavir_igeny_kezi-x-y;
Form1.Memo1.Lines.Add(format('x:%s, y:%s, z:%s!',
    [floattostr(x),floattostr(y),floattostr(z)]));
end;
```

### 9.24 A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja három blokkra, 10/7-es eset

```
begin
x:=mavir_igeny_kezi/3;
y:=mavir_igeny_kezi/3;
z:=mavir_igeny_kezi/3;
Form1.Memo1.Lines.Add(format('x:%s, y:%s, z:%s!',
    [floattostr(x),floattostr(y),floattostr(z)]));
```

end;

### 9.25 A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja három blokkra, 10/8-as eset

```
begin
  m1 := 7;
  m2 := 7;
  m3 := 3;
  h1_a := 120;
  h1_f := 179;
  h2_a := 120;
  h2_f := 179;
  h3_a := 180;
  h3_f := 225;
  x := (m1*(mavir_igeny_kezi-h3_f)+m3*h1_f)/(2*m1+m3);
  y := x;
  z := mavir_igeny_kezi-x-y;
  Form1.Memo1.Lines.Add(format('x,y:%s, z:%s!', [floattostr(x), floattostr(z)]));
end;
```

### 9.26 A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja három blokkra, 10/9-es eset

```
begin
  m1 := 7;
  m2 := 3;
  m3 := 3;
  h1_a := 120;
  h1_f := 179;
  h2_a := 180;
  h2_f := 225;
  h3_a := 180;
  h3_f := 225;
  x := (2*(m2*h1_f-m1*h2_f)+m1*mavir_igeny_kezi)/(m1+2*m2);
  y := (mavir_igeny_kezi-x)/2;
  z := y;
  Form1.Memo1.Lines.Add(format('x,y:%s, z:%s!', [floattostr(x), floattostr(z)]));
end;
```

### 9.27 A maximális dinamikát biztosító módszer forráskódja három blokkra, 10/10-es eset

```
begin
  x:=mavir_igeny_kezi/3;
  y:=mavir_igeny_kezi/3;
  z:=mavir_igeny_kezi/3;
  Form1.Memo1.Lines.Add(format('x:%s, y:%s, z:%s!',
    [floattostr(x),floattostr(y),floattostr(z)]));
end;
```