



## Az országos villamosenergia-rendszer irányítása

**Kovács Gergely**

MAVIR ZRt. Országos Diszpécser szolgálat, kovacs.gergely@mavir.hu

DOI:10.56474/legkor.2022.3.5

A ma élő embernek az áram ugyanolyan természetes, mint a levegővétel. Amikor bekapcsoljuk a por szívót, kimossuk a ruhákat, vagy éppen levágjuk a füvet, a mozdulat automatikus, bedugjuk a dugót a konnectorba. De vajon mi van a konnector mögött? Hogyan kerül oda az áram, és mi a Rendszer-irányító szerepe mindebben?

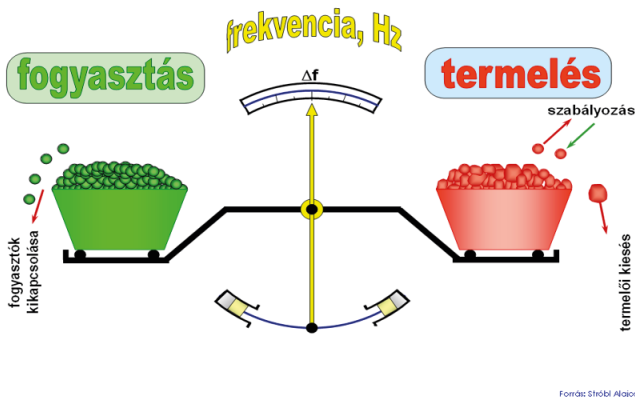
### Operation of national electricity grid

Access to electricity is as evident for people today as access to air for breathing. When we turn on the vacuum cleaner, wash the clothes or we are intend to cut the grass, our movement is automatic. We insert the plug into the socket. But what is behind the socket? How does the current get there and what is the role of the system operator in this process?

A váltakozó áramú villamosenergia jelen ismereteink szerint nem tárolható. A termelőegységek egy része ebben a formában termel, míg egy másik részük egyenáramon, ami inverterek segítségével szintén a váltakozó áramú hálózathoz csatlakozik. A villamosenergia átvitele és eljuttatása a fogyasztókhoz tehát – többségében – váltakozó áram formájában történik.

A villamosenergia-rendszernek rengeteg szereplője van: termelők, kereskedők, fogyasztók, akik nem látják a másikat, nem tudják, hogy éppen mennyit tesz bele, vagy vesz ki a hálózathoz, ezért azt sem tudják megmondani, hogy nekik mit kéne ahhoz tenni, hogy a rendszer egyensúlyát megőrizték. A rendszer működéséhez ugyanis

elengedhetetlen annak egyensúlya. Ezt úgy érzük el, hogy minden pillanatban ugyanannyit termelünk, mint amennyit el is fogyasztunk (1. ábra). Ilyenkor a frekvencia értéke 50 Hz. Természetesen ez nem egy bebetonozott érték, hanem egy sáv a névlegesnek tekintett 50 Hz körül, mivel hosszú távon tökéletes egyensúlyi állapot nincs. A rendszer ugyanis él, lélegzik, vonatok indulnak, kórházak, repülőtér és megannyi fogyasztó a saját ütemterve szerint vételez a hálózathoz. Ahhoz, hogy a rendszer szereplői összehangoltan működ-hessenek, és ne dolgozzanak esetlegesen egymás ellen, szükséges egy speciális szereplő, a Rendszerirányító. A MAVIR, vagyis a Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító ZRt.



1. ábra. A rendszer egyensúlya.

a „karmester” szerepét tölti be. Ő az, aki összegyűjti a szükséges információkat, és annak tudatában utasítja a szereplőket a megfelelő lépések megtételére. A MAVIR azzal foglalkozik, hogy a hozzá beérkező több ezer adat és mérés segítségével a nap 24 órájában monitorozza a rendszer állapotát, és biztosítsa annak egyensúlyát.

### A rendszer egyensúlya

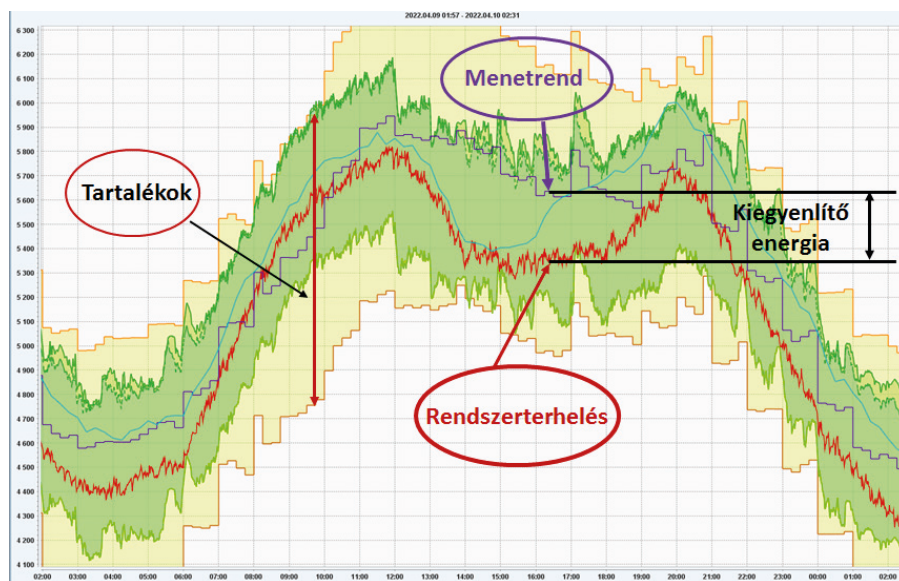
A rendszer egyensúlyi állapotához szükséges az előírt mennyiségű és fajtájú tartalékok megléte. Többféle tartalékot különböztetünk meg, amelyek gyorsabb vagy lassabb beavatkozást tesznek lehetővé, illetve a hatásuk is némileg eltér egymástól. A hatásos teljesítmény egyensúlyának fenntartásához szükséges FCR, valamint FRR, illetve RR tartalék. Mik is ezek? Az FCR (angolul frequency containment reserve, szó szerint fordítva frekvencia visszatartó tartalék) az elsődleges tartalékunk, amely egy automatikusan, maximum 30 másodpercen belül aktiválódó tartalék, és amely a frekvenciát annak névleges értéktől történő eltérése esetén megállítja, visszatartja a további csökkenéstől, vagy növekedéstől. Az FRR (azaz frequency restoration reserve, vagyis frekvencia helyreállító tartalék) az FCR tartalék aktiválása után megállapodott frekvencia értékét állítja vissza a névleges 50 Hz körüli értékre. Ennek hiányában az RR (replacement reserve, helyettesítő tartalék) hivatott pótolni a megfogyatkozott FRR

tartalékokat. A tartalékok forgó és indítható gépek formájában vannak jelen. Aktiválásukkal hatáson teljesítménytöbbletet táplálunk a rendszerbe, vagy – negatív igény esetén, amikor lecsökken a fogyasztás a termeléshez képest – csökkentjük a forgógépek teljesítményét, netán szerződött fogyasztókat utasítunk többlet fogyasztásra.

### Villamosenergia-piac

Ahhoz, hogy a tartalékok a MAVIR rendelkezésére álljanak, szükséges egy jól szervezett villamosenergia-piac, amely megadja a megfelelő háttérrel ahhoz, hogy a szereplők koordinált formában végezzék a tevékenységeiket, és segítsék a Rendszerirányítót. A piac egyik alapegysége a menetrend. A piaci szereplők mérlegkörökbe tömörülnek, és e formai kereteken belül adják meg az adott időegységekre – amely 15 perc – vonatkozó termelés, fogyasztás, valamint a kereskedéseik összességét, azaz menetrendjét. A mérlegkörnek törekednie kell a kiegyenlített mentrendek beadására, ami azt jelenti, hogy a mérlegkör betáplálásainak, vételezéseinek, vásárlásainak és értékesítéseinek minden elszámolási mérési időintervallumra vonatkozó szaldója nulla. Azok a mérlegkörök, ahol termelőegységek is vannak, gépeik kapacitásának egy részét felajánlják a Rendszerirányítónak a rendszerszintű szolgáltatások piacán. A MAVIR a felajánlott mennyiségekből „köt le”, vásárol, tehát fizet azért, hogy az adott mértékű kapacitást a termelő egységben kizárólag a Rendszerirányító részére tartsák fent. A lekötött és a nem lekötött, aktiválható erőművi kapacitások összessége adja meg a rendszerben igénybe vehető tartalékokat. Az összesített piaci menetrend elviekben megadja a rendszer terhelését, vagyis a fogyasztók összesített fogyasztását, ám mivel a terv nem minden esetben egyezik meg a tényleges fogyasztással, így kiegyenlítő energia igény keletkezik (2. ábra).

A korábban megismert tartalékok hivatottak kiegyenlíteni az eltéréseket, ám a villamosenergia-piac lehetőséget ad arra, hogy a menetrendek napon belüli korrigálásával – napon belüli kereskedés – maga a piac segítse elő a saját maga kiszabályozását. Nemzetközi kereskedések esetén



2. ábra. Kiegészítő energia, tartalék.

a mérlegköröknek rendelkezniük kell a részükre lekötött, országhatárra (metszék) érvényes kapacitással, melyeket aukción szerezhetnek be. A határmetszékre kiosztható összes kapacitást a hálózati szűk keresztmetszetek határozzák meg. Olyan mértékű lehet az engedélyezett kereskedés, amely hálózati elemek kikapcsolódása után is biztosítja a rendszer stabil üzemét.

A MAVIR-nak minden esetben figyelembe kell venni a szabad átviteli kapacitást, különben a rendszerben megnőhet a túlterhelődött elemek száma. A menetrendek beadása a menetrend időintervalluma előtti napon történik előre definiált időpontig, de napon belül módosítható. A kapacitásaukciók az éves lekötésektől egészen a napon belüli időpontig terjednek, hiszen minél közelebb vagyunk egy adott pillanathoz, annál pontosabban látjuk, hogy mennyire van szükségünk.

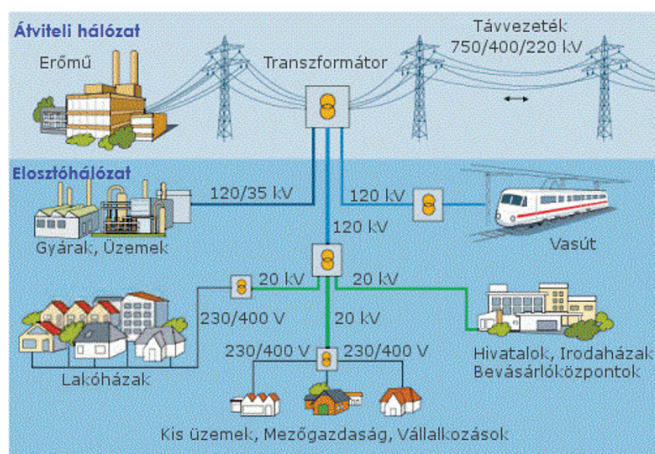
### A hálózat

A villamos energia a távvezetési hálózaton keresztül jut el a fogyasztókhoz. Többféle hálózat létezik, különféle feszültség szinten, ennek magyarázata a következő: minél nagyobb feszültségen szállítjuk a villamos energiát, annál kisebb veszteséggel tehetjük azt meg. Elfogyasztani viszont kisméretű feszültségen célszerű, elsősorban életvédelmi okokból (3. ábra).

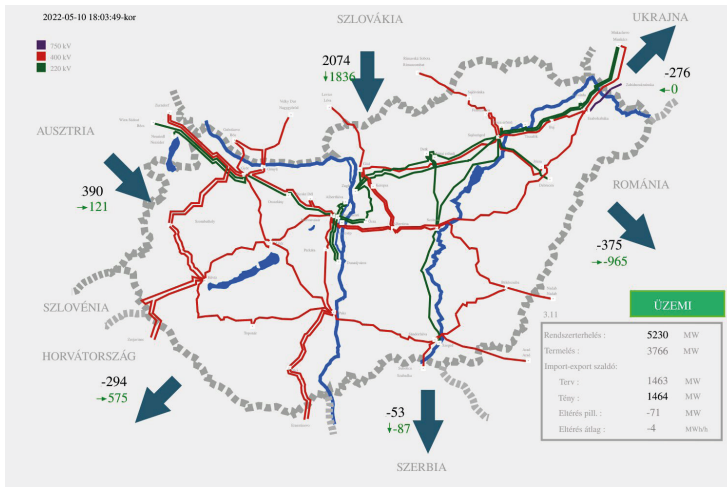
Két alapvető hálózatot különböztetünk meg, amelyek közül az átviteli hálózat a villamos energia nagy távolságra történő szállítására szolgál, az elosztó hálózat pedig annak elosztására, a fogyasztók kiszolgálására.

A MAVIR, ahogy a nevében is benne van, Átviteli Rendszerirányító, így a hálózattal kapcsolatos teendői elsősorban az átviteli hálózatra koncentrálnak. Ilyenek a feszültség értékek előírt határértéken belül tartása, a rendszer meddő

teljesítmény egyensúlyának biztosítása, de nem árt figyelni az ún. terhelési szögekre, amelyek szintén fontos információt hordoznak. Alapvető tevékenység az üzembiztonsági számítás, amely a hálózat elemeinek túlterhelődését hivatott megelőzni. Ilyenek a távvezetékek és a transzformátorok, de emellett figyelemmel kíséri a feszültség nagyobb mértékű megváltozását is egy adott lokációban, amely szintén okozhat problémákat. A kiesés vizsgálat azt mondja meg, hogy ha kikapcsolunk egy elemet a rendszerből, akkor a rajta átfolyó áram – amely ez esetben átterhelődik



3. ábra. A hálózatok szerepe.



4. ábra. Magyarország átviteli hálózata.

a közelében lévő elemekre – nem okoz-e túlterhelődést máshol. E számítások periodikusan futnak a nap huszonnégy órájában (4. ábra).

### A termelőegységek speciális fajtái

Ma már nem számít újdonságnak, mégis különlegesnek mondhatók a napelemek és a szél-erőművek. A megújuló energiaforrások két fő csoportja speciális helyet foglal el a villamosenergia-rendszerben, és a Rendszerirányító megkülönböztetett figyelemmel kezeli őket. Fontos megemlíteni, hogy ezen energiaforrások – tagadhatatlan előnyeik mellett – számos olyan tulajdonsággal rendelkeznek, amely kihívások elé állítja nem csak a MAVIR-t, de Európa más rendszerirányítóit is. Ezzel együtt fontos szerepet töltenek be, mivel működés közben környezetkímélő módon termelnek villamos energiát. A megújuló energiaforrások említésénél nem mehetünk el amellett, hogy csökkentik a rendszer stabilitását, működésüknek köszönhetően a frekvenciaváltozás meredeksége növekszik, mivel az inerciájuk nulla, tehát a rendszer eredő tehetetlensége csökken. A kiszámíthatatlanabb termelés miatt jobban föl kell készülni forgótartalékkal, mivel egy szél-turbina betáplálása kevésbé definiálható, mint egy szinkrongenerátor teljesítménye. A nagy szél a hálózaton nagy tranzitáramlások formájában nyilvánul meg, amely túlterhelődéseket okozhat.

Ennek oka a következő: a nagy kiterjedésű szél-erőmű parkok gyakran nem ott vannak, ahol a fogyasztás súlypontja. Különösen igaz ez a tengerbe telepített szél-turbinák esetén, ahol ritkán élnek emberek. A villamos energia elfogyasztása fizikailag távolabb történik, oda viszont el kell jutnia a teljesítménynek. A szél-erősség előrejelzés ezért is nagyon fontos, hiszen segítségével fölkészülhetünk a szél-turbinák okozta megnövekedett áramlások kezelésére. Az üzembiztonsági vizsgálatoknak itt kiemelt szerepük van. Az Országos Diszpécser Szolgálat (ODSZ) figyelemmel kíséri a felhők mozgását is, mely a napelemek betáplálására van elsősorban hatással. A napelemekre jellemző decentralizált termelés csökkenti az elosztó hálózat terhelését, hiszen nem távolról kell a fogyasztókhoz a teljesítményt elszállítani. Hiányuk esetén viszont pótolni kell a hiányzó teljesítményt, és a felhőátvonulások okozta termelésingadozás olyan változásokat idézhet elő az áramlásokban, amely adott esetben beavatkozó intézkedéseket kíván.

### Üzemzavarok

A MAVIR-nak kötelessége fölkészülni a rendszerben előforduló meghibásodásokra. Ilyenek lehetnek a túlterhelődések, időjárás okozta károk, nagy mértékű termelői kapacitás hiány, ami fogyasztói korlátozást igényel, de rosszabb esetben a villamosenergia-rendszer részekre szakadása, szélsőséges esetben pedig nagy kiterjedésű „sötét” hálózatrészek kialakulása, vagyis áramszünet. (Gondoljunk itt a 2003-as olasz blackout-ra, amely az egész országot érintette.) Szerencsére a nagy kiterjedésű üzemzavarok ritkák, de egy vihar, egy rendkívül hideg, vagy kánikulai nap feladhatja a leckét az Országos Diszpécser Szolgálatnak. A nagy szél több szempontból érdekes. Elsősorban a kisebb feszültség-szintű szabadvezetéseket rongálhatja meg, de a szél-erősség változásával a szél-erőművek betáplálása ingadozhat, melyre a hagyományos technológiával nehéz reagálni, mert jóval lassabb. Különösen hideg időben a széntüzelésű erőműveknél a szén befagyhat, a távvezetékek eljegesedhetnek, ami szintén vezetékszakadáshoz vezethet (5. ábra).



5. ábra. Eljegesedett szabadvezeték.

A MAVIR majd' minden műszaki osztálya folyamatosan figyelemmel kíséri a levegő hőmérsékletét, mivel az hatással van az erőművek maximálisan kiadható teljesítményére is. A távvezetékek terhelhetősége is szorosan összefügg a hőmérséklettel, nyáron kisebb a megengedett maximális terhelésük, hiszen melegben hamarabb érik el a számukra már káros hőmérsékletet.

### Diszpécseri Tréning Szimulátor

Habár a nagy kiterjedésű rendszerüzemzavaroknak megvan a nemzetközi és a hazai viszonylatban is előírt jogszabályi és szakmai keretrendszere, amely szabályozza és segíti a rendszerirányító mérnököket abban, hogy a károkat elhárítsák, a rendszert helyreállítsák, nincs két egyforma üzemzavar, és a helyreállítás nem egy gépies, hanem sokkal inkább kreatív folyamat, így az üzemzavar-elhárítás készségszintű begyakorlása alapvető fontosságú. Az elméleti képzések mellett az operatív szolgálatoknak szimulátoros gyakorlatokon való kötelező részvétellel kell megerősíteniük és fejleszteniük szakmai tudásukat, ahol a ritkán előforduló helyzetek terén szerezhetnek tapasztalatot. Természetesen a legfontosabb itt is az előrelátás, ezért az üzemelőkészítés szerepe esszenciális az üzemzavarok megelőzésében.

A MAVIR rendelkezik saját szimulátorral, ahol évente két alkalommal vesznek részt a kollégák gyakorlaton, és évente egyszer együtt gyakorlatoznak az Áramszolgáltatók üzemirányítóival. Alkalmanként megfordulunk nemzetközi szimulátorban is, ahol más rendszerirányítókkal közösen gyakoroljuk a nemzetközi helyzeteket és az idegen nyelvet.

### Nemzetközi kapcsolatok

A MAVIR-on túlmenően fontos megemlíteni, hogy a környező országok is rendelkeznek hasonló villamosenergia-rendszerrel, amelyeknek szintén megvan a maga rendszerirányítója, adott esetben nem is egy. Az európai országok egymással össze vannak kötve, tehát villamosan kapcsolódunk egymáshoz, emiatt egymásra vagyunk utalva. Ahogy a szabályozás és a hálózat irányítása, úgy az üzemzavarok kezelése, és az ezt megelőző üzemelőkészítés is megjelenik a nemzetközi porondon, ahol az európai rendszer egy nagyobb kiterjedésű részét vizsgálják, kezelik. Éppen ezért rendkívül fontos a megfelelő együttműködés kialakítása a többi rendszerirányítóval, különösen azért, mert nincs egyetlen, mindent látó európai rendszerirányító. Vannak olyan szervezetek, amelyek átfogó képet adnak egy nagyobb kiterjedésű régió jellemzőiről, de ezek csupán koordinációs szerepet töltenek be.

### Elhivatottság

A MAVIR tevékenysége speciális, széles körű, és folyamatosan változó. Az idő előrehaladtával mind gyorsabban érnek el bennünket a változások, ezért egyre nagyobb számban kell megfelelnünk a kihívásoknak. A folyamatosan változó környezetben nem könnyű eleget tenni az elvárásoknak, de a MAVIR magas szintű szakmai gárdája folyamatos képzéssel és elhivatottsággal igyekszik a rendszer épségét és az ellátás biztonságát megőrizni. A mérnökökkel szorosan együttműködő jogi, gazdasági és informatikai szakemberek összehangolt és elkötelezett munkája szükséges ahhoz, hogy az ország villamos értelemben működjön.

# Látogatás a MAVIR Országos Diszpécser Szolgálat központjában

**Dobi Ildikó**

Országos Meteorológiai Szolgálat, dobi.i@met.hu

A nemzetközi Klímapolitikai egyezmények eredményeként a zéró emissziójú energiatermelés 2050-es elérése globális cél. A dekarbonizáció fő eszköze – az energia hatékonyság mellett – a megújuló energiaforrások, Magyarországon elsősorban a napenergia széleskörű alkalmazása. Hazánkban a beépített napelemes kapacitások az elmúlt évtizedekben exponenciálisan növekedtek, a villamosenergia-rendszerben jelenleg mintegy 3000 megawattnyi (MW) ipari és háztartási napenergia, valamint kb. 330 MW szélenergia kapacitás üzemel. Az időjárásfüggő energiaforrások implementálása az energiaellátó rendszerbe számos megoldandó új feladatot vet fel, melyek minden érintett számára kihívást jelentenek. Az időjárás kaotikus jellege megjelent az áramellátásban, aminek kezelése meteorológiai innovációkat is kíván. A MAVIR ODSZ a stabil frekvencia sávtartásért felelős részlege, a villamosenergia-ellátási lánc kulcsszereplője.

Az MTB Légköri Erőforrás Albizottság szervezésében 2022. április 26-án délután látogatást tettünk a MAVIR Zrt. Budapest, III. kerület Anikó utca 4. címen található székhelyén. A csoportot Kovács Gergely, az ODSZ szolgálatvezető mérnöke látta vendégül. A belépéshez szükséges adminisztrációt követően, egy biztonsági ór kíséretében, sok fotocellás ajtón keresztül jutottunk el a szimulációs terembe. A helységben a ODSZ munkatársai rendszeresen továbbképzéseken vesznek részt, élethű környezetben gyakorolják a havi havi helyzeteket. Ugyanitt folyik az új kollégák betanítása is. A látványos üvegpalota emeletén lévő nagy teremben – a nemzetközi gyakorlatnak megfelelően – a Diszpécser Központ mintájára hat munkahely van kialakítva, aminek fele egy elszeparált üvegszobában helyezkedik el. Mindegyikhez fél körívben hat monitor tartozik. A látogatók számára egy karzat került kialakításra

a munkahelyek mögött, a falnyi méretű monitorokkal szemben. A félhomályos helységben világító információk tömkelege segíti a ODSZ munkatársainak felelősségteljes munkáját. Barátságos fogadtatásban volt része a tizenhárom különböző szakmai részlegről érkezett résztvevőnek, ugyanis két éve, a Covid-19 lezárás óta csoportunk volt az első „látogató”. A kiemelt létesítményen belül különleges szerepet tölt be az ODSZ. A magasan kvalifikált szakemberek két éves speciális képzés és gyakorlati vizsgák után kerülhetnek a részlegre. A folyamatos koncentrációt igénylő döntéseik eredményét mindannyian szó szerint a bőrünkön érezzük. Az erőművek teljesítményének szabályozásával naponta saját hatáskörben százmilliós nagyságrendű összegekről döntenek. A részleg dolgozói túlzás nélkül pótolhatatlanok, ezért a pandémia alatt hónapokon át rendkívüli körülmények között dolgoztak és éltek.

A részleg összetett tevékenységéről két órában kaptunk ízelítőt. A tartalmas információk mellett sok érdekes történet és jól memorizálható frappáns hasonlatot hallottunk Kovács Gergelytől. Az egyenletes frekvenciát biztosító kiegyenlítő energia számításokhoz és kritikus döntésekhez meteorológiai szempontból elsősorban a radar információk, a nowcasting előrejelzés és a veszélyjelzés nyújt számukra segítséget. Életből vett helyzeteken láttunk, milyen nehézséget okoz a nap- és szélenergia erőművek által betáplált változó energiameennyiség kiszabályozása. Sok kérdést és hasznos beszélgetést inspirált a bemutató. A program zárásaként a Vezénylő terembe is bepillantást nyerhettünk. A diszpécser feletti karzatról jól láthattuk az impozáns kivetítőt, az üvegfal pedig teljesen elszigetelte a hangunkat a szolgálatos részlegtől. Az ODSZ feladatait leíró cikk a látogatás esszenciáját hivatott megosztani az olvasókkal. A MAVIR rendszerirányítás adatai a <https://www.mavir.hu/web/mavir/rendszerterheles> publikus linken érhetők el.