e·on



A hálózat, amely gondolkodik

Hogyan tart egyensúlyt a modern energiarendszer másodpercről másodpercre?



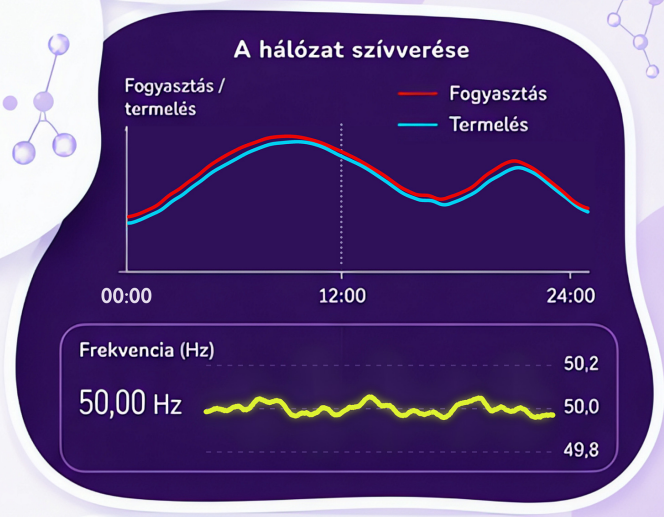






A hálózat dobbanása

Egyensúly, amely egyetlen pillanatra sem állhat meg.



Este 18:04 van. Emberek ezrei érnek haza, felkapcsolják a világítást, bekapcsolják a sütőt, tölteni kezdik az autójukat vagy elindítják a fűtési rendszert. Ugyanebben a pillanatban felhők érkeznek egy olyan terület fölé, ahol sok háztetőn működik napelemes rendszer. Máshol egy ipari üzem éppen leállítja a gépeit.

A fogyasztás és a termelés folyamatosan változik. Az elektromos hálózat azonban **nem mondhatja azt:** „Egy pillanat, most túl sokan használnak áramot. Próbáljátok meg később!”

A rendszerirányítóknak minden pillanatban gondoskodniuk kell arról, hogy a hálózatba betáplált és az onnan felhasznált villamos energia egyensúlyban maradjon. A kontinentális európai hálózat névleges frekvenciája 50 hertz. Ha a termelés nagyobb a fogyasztásnál, a frekvencia emelkedni kezd. Ha a fogyasztás válik nagyobbá, csökkenni kezd. Ezért nevezik a frekvenciát gyakran az energiarendszer szívverésének.



Régebben az egyensúlyt főként úgy tartották fenn, hogy a szabályozható erőművek termelését igazították a fogyasztáshoz. A modern rendszer ennél sokkal összetetebb. Háztartási energiatermelők, akkumulátorok, elektromos autók, ipari fogyasztók és automatikusan vezérelhető berendezések milliói kapcsolódhatnak hozzá.

A jövő nagy kérdése ezért már nem csupán az, hogy hogyan állítsunk elő elegendő energiát, hanem az is: **hogyan hangoljuk össze a rendszer minden résztvevőjét másodpercről másodpercre?**

TUDTAD?

A rendszerirányítás egyszerre használ előrejelzéseket, szabályozási tartalékokat, energiatárolókat és más országokkal összekapcsolt hálózatokat. Ha az előrejelzés téved, a rendszernek akkor is működnie kell.

Amikor az áram két irányba indul

Mitől lesz „okos” egy hálózat?



A hagyományos villamos hálózat fő feladata az energia továbbítása volt. A modern okoshálózat ehhez egy új réteget ad: érzékelőket, adatkapcsolatokat, automatikus vezérlést és gyors döntéshozatalt.

Egy okoshálózat nemcsak energiát szállít, hanem folyamatosan információt is gyűjt:

- hol növekszik a terhelés,
- hol változik meg a feszültség,
- melyik vezetékszakasz közelít a kapacitása határához,
- mennyi energiát tárolnak az akkumulátorok,
- mely fogyasztók tudják későbbre halasztani működésüket,
- hol történt hiba vagy váratlan kiesés.



Az adatok alapján a rendszer különböző beavatkozásokat kezdeményezhet. Más útvonalra terelheti az energiaáramlást, aktiválhat egy energiatárolót, megváltoztathatja egy autó töltési idejét, vagy jelezheti, hogy egy hálózati szakaszon túl nagy terhelés várható.



1. Mér

Szenzorok és mérőberendezések adatokat küldenek a hálózat állapotáról.

2. Dönt

Algoritmusok és rendszerirányítók összevetik a pillanatnyi adatokat az előrejelzésekkel.

3. Beavatkozik

Kapcsolók, tárolók és vezérelhető fogyasztók módosítják működésüket.

A smart gridet gyakran az energia internetjének nevezik. A hasonlat azonban nem tökéletes. Az interneten az adatcsomagok külön címzettet kapnak, az elektronok viszont nem tudják, melyik házhoz tartoznak. A hasonlóság az információ gyors áramlásában és a rendszer részeinek összehangolásában rejlik.

A digitalizáció, a tárolás és a rugalmas fogyasztás együtt teszi lehetővé, hogy a hálózat több, egymástól távol lévő és folyamatosan változó szereplőt kezeljen.

FOGALOM – HÁLÓZATI TORLÓDÁS

Olyan helyzet, amikor van elegendő energia a rendszerben, de egy adott vezetéken vagy hálózati ponton nem lehet belőle többet biztonságosan továbbítani. Ilyenkor nem feltétlenül több termelésre, hanem más útvonalra, tárolásra vagy rugalmas fogyasztásra van szükség.

Az okoshálózat nemcsak vezeti az áramot, hanem figyeli, érti és irányítja is. Így a villamos energia oda jut, ahol és amikor a legnagyobb szükség van rá.



Hol parkol az energia?

Nem minden tároló ugyanarra való

Amikor a hálózatban átmenetileg több energia áll rendelkezésre, mint amennyit éppen felhasználunk, érdemes lenne félretenni későbbre. A villamos energiát azonban általában nem közvetlenül tároljuk. Előbb más energiaformává alakítjuk.

Milyen időtávon segít?

Az akkumulátor kémiai energiát tárol. A szivattyús energiatározó magasabb helyre juttatott víz helyzeti energiáját használja. A hőtároló felmelegített anyagban őrzi meg az energiát. Hidrogén előállításakor pedig kémiai energiahordozó készül a villamos energia felhasználásával.

Ezek a technológiák nem egyszerűen egymás versenytársai. Más feladatokra lehetnek alkalmasak.

másodpercek — percek — órák — napok vagy hosszabb idő



Akkumulátor

Nagyon gyorsan képes energiát felvenni és leadni. Rövid idejű ingadozások kezelésére ideális.



Szivattyús energiatározó

A magasabb helyre felpumpált víz visszaeresztése áramot termel. Percek alatt indul, és órákon át működhet.



Hőtároló

A hő formájában tárolt energia órákon át rendelkezésre állhat, pl. fűtéshez vagy villamosenergia-termeléshez.



Hidrogén

A villamos energiából hidrogén készül, amely napokig, hetekig vagy akár hónapokig is tárolható, majd később visszaalakul árammá vagy hővé.

Sprinter vagy maratonfutó?

Milyen gyorsan reagál?

Egy akkumulátor másodpercek alatt reagál a hálózat igényeire.

Mekkora teljesítményt tud biztosítani?

Ez mutatja meg, hogy egy adott pillanatban milyen erősen tud beavatkozni.

Mennyi energiát képes tárolni?

Ez határozza meg, hogy meddig tudja fenntartani a teljesítményét.

Mennyi energia vész el az átalakítás során?

Minden tárolási folyamat veszteséggel jár. Ezt a töltés és a visszanyerés együttes hatásfoka jellemzi.



A gyors tárolók segíthetnek a pillanatnyi ingadozások kezelésében. Más rendszerek több órára, napra vagy akár hosszabb időszakra őrizhetnek meg energiát. Emiatt valószínűleg **nem egyetlen szuperakkumulátor** fogja megoldani a hálózat minden problémáját. Sokféle, eltérő méretű és működésű tárolóra lehet szükség.

TUDTAD?

Egy tároló nemcsak akkor hasznos, amikor elfogy az energia. A **hálózati torlódást** is csökkentheti: ott veszi fel az energiát, ahol éppen túl nagy a betáplálás, és akkor adja vissza, amikor ismét szükség van rá.

Nem kevesebbet, hanem máskor.

Amikor a fogyasztás is alkalmazkodik.

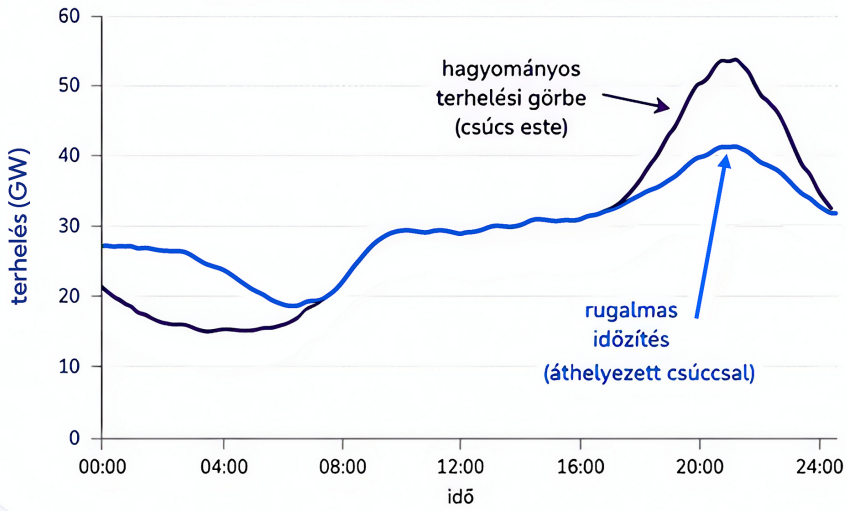
A villamosenergia-rendszereket sokáig úgy tervezték, hogy a termelés kövesse a fogyasztást. Ha este hirtelen megnőtt az energiaigény, több energiát kellett betáplálni a hálózatba.

A modern rendszerben azonban bizonyos fogyasztók is képesek alkalmazkodni. Ezt nevezzük keresletoldali rugalmasságnak vagy demand response-nak. Ez nem feltétlenül jelenti azt, hogy összességében kevesebb energiát használunk. Sokszor csak az időpont változik meg.

Egy hűtőház a nagy terhelésű időszak előtt kissé jobban lehűtheti a raktárat, majd rövid időre csökkentheti a kompresszorok működését. Egy elektromosautó-flotta töltését el lehet osztani az éjszaka folyamán. Egy épület hőtároló rendszere akkor melegíthet vizet, amikor a hálózat kevésbé terhelt.

A rendszer így nem egyetlen nagy berendezést irányít, hanem sok ezer kisebb lehetőséget hangol össze.

Napi terhelési görbe – áthelyezéssel kiegyenlítve



Keresletoldali rugalmasság



A fogyasztás időzítése alkalmazkodik a hálózathoz. Ugyanannyi energiát használunk fel, csak akkor, amikor a hálózat könnyebben kiszolgálja.

Mit csinál az okosmérő?



Az okosmérő időbeli bontásban is mér, így látszik, mikor vannak a fogyasztási csúcsok. Önmagában nem takarít meg energiát: az adat akkor válik hasznossá, ha döntés születik belőle.

Virtuális erőmű



Egy aggregátor sok kisebb fogyasztó vagy tároló rugalmasságát kapcsolja egybe. Több ezer autótöltő, akkumulátor vagy épület együtt úgy viselkedhet, mint egyetlen erőmű.



Hűtőház: előhűtés és rövid lekapcsolás a csúcs alatt.



Autótöltők: töltés elosztása az éjszaka folyamán.



Hőtároló: melegvíz-készítés alacsony terhelés idején.

A fogyasztás időzítésével csökkenthető a csúcsterhelés, hatékonyabban használhatók a meglévő hálózati eszközök, és könnyebben kezelhető a változó termelés.

FONTOS

A felhasználó dönthet arról, hogy:

- mikorra legyen feltöltve az autó,
- mennyi legyen a minimális töltöttség,
- mely berendezések vezérelhetők,
- mikor írhatja felül az automatikus működést.

Az autó, amely visszatölt

Mozgó akkumulátorok a hálózatban

Az elektromos autók nemcsak közlekednek, hanem energiaforrásként is működhetnek. A nagy kapacitású akkumulátoruk képes villamos energiát tárolni – és szükség esetén visszaadni a háznak vagy akár az egész villamos hálózatnak.



A töltés három szintje

1. Azonnali töltés



Az autó a csatlakoztatás után azonnal elkezd töltődni.

2. Okos töltés



A rendszer kedvező időpontot választ a töltésre (pl. éjszaka olcsóbb árammal). Az energia ilyenkor csak a hálózatból az autóba áramlik.

3. Kétirányú töltés



Az autó akkumulátora szükség esetén vissza is adhat energiát az otthonnak vagy a villamos hálózatnak.

A kétirányú töltésnek **két** fő iránya van. **V2H (Vehicle-to-Home):** az autó energiát adhat az otthonnak, pl. drága áram idején vagy áramkimaradáskor. **V2G (Vehicle-to-Grid):** az autó visszatáplálhat a hálózatba, segítve az egyensúly fenntartását és csökkentve a csúcsfogyasztást.

délután: töltés → este: visszatáplálás → reggel: újratöltve, indulásra kész

Mi kell hozzá?

- kétirányú töltésre képes autó,
- kompatibilis töltőberendezés,
- biztonságos kommunikáció,
- megfelelő szabványok és elszámolási rendszer,
- a tulajdonos egyértelmű beleegyezése,
- az akkumulátor állapotát védő vezérlés.



GONDOLKODJ EL RAJTA!

- Ki kapja a visszatáplált energia értékét?
- Ki viseli az akkumulátor használatából eredő kopást?
- Kapjon-e nagyobb jutalmat az, aki vészhelyzetben több energiát bocsát rendelkezésre?

A hálózat digitális agya

Mit keres a mesterséges intelligencia az energiarendszerben?



A modern energiarendszerek hatalmas mennyiségű adatot termelnek: fogyasztási értékeket, időjárási előrejelzéseket, hálózati méréseket, berendezések állapotát. A mesterséges intelligencia (AI) ezeket az adatokat elemzi, mintázatokat talál bennük, és döntéstámogató javaslatokat ad, hogy a hálózat biztonságosabb, hatékonyabb és rugalmasabb legyen.

Miben segíthet az AI?

Előrejelzés

Egyre pontosabban becsli előre a fogyasztást, a megújulóenergia-termelést és az időjárás hatásait.

Hibafelismerés

Korán észleli a rendellenes jeleket, így a hibák még azelőtt javíthatók, mielőtt kimaradás történne.

Torlódás előrejelzése

Megmutatja, hol alakulhat ki túlterhelés, és javaslatot ad a terhelés átterelésére vagy szabályozására.

Karbantartás tervezése

Megjósolja, mely berendezések hibásodhatnak meg, és segít a karbantartások optimális ütemezésében.

Digitális iker létrehozása

A hálózat virtuális mása lehetővé teszi a különböző forgatókönyvek biztonságos kipróbálását.

Öngyógyító hálózat?



Az automatizált rendszer képes egy sérült vezetékszakaszt leválasztani, az energiát más útvonalon eljuttatni, és visszakapcsolni a biztonságos területeket.

Ehhez azonban szükséges a folyamatos tesztelés, az átlátható döntések, a tartalék irányítás és az emberi felügyelet.

FONTOS

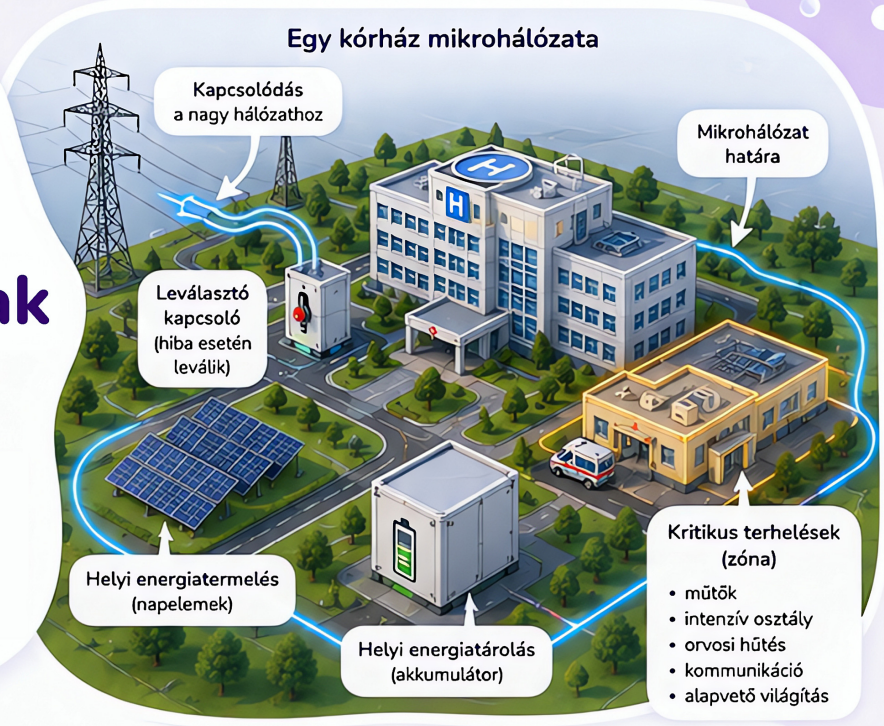
- Az AI-előrejelzések **valószínűségek**, nem biztos tények.
- Az algoritmusok **nem írhatják felül** a fizikai törvényeket vagy a biztonsági korlátokat.
- Az **emberi szakértők** döntései és felügyelete továbbra is nélkülözhetetlen.

Az AI nem veszi át az irányítást – segít okosabban működtetni a hálózatot.

Energia-szigetek és digitális zárak

Mikrohálózat: egy kisebb rendszer a nagy hálózatban.

A mikrohálózat egy olyan kisebb energiarendszer, amely kapcsolódhat a nagy villamos hálózathoz, de ha szükséges, leválik róla, és önállóan (szigetüzemben) folytatja a működését.
Ez biztonságot és rugalmasságot ad akkor is, ha a nagy hálózatban hiba vagy túlterhelés lép fel.



Kapcsolódva

Ha minden rendben, a mikrohálózat a nagy hálózatról kap áramot, és akár áramot is visszatáplálhat.

Leválás és szigetüzem

Ha hiba vagy áramszünet történik, a leválasztó kapcsoló működésbe lép, és a mikrohálózat önállóan biztosítja a legfontosabb fogyasztók működését.

Biztonság és rugalmasság

A helyi termelés és tárolás segít fenntartani az ellátást és gyorsan reagálni a változásokra.

Ha a hálózat okos, védeni is kell

Az okoshálózatok nemcsak áramot visznek, hanem adatokat is küldenek. Ezért fontos, hogy ezeket az adatokat megvédjük a hackerektől és a hibás működésektől.



- **felhasználók és eszközök azonosítása**
  Csak az férjen hozzá a rendszerhez, akinek szabad.
- **titkosított kommunikáció**
  Az adatok titkosítva utaznak, így illetéktelenek nem tudják elolvasni.
- **hálózati területek elkülönítése**
  Ha valahol hiba történik, ne terjedjen át az egész rendszerre.
- **rendszeres biztonsági frissítés**
  A szoftvereket mindig naprakészen kell tartani.
- **gyanús műveletek naplózása**
  Az eseményeket figyeljük és rögzítjük, hogy időben észrevegyük a problémát.
- **kézi vagy tartalék vezérlési lehetőség**
  Ha az automatika meghibásodik, az embereknek legyen biztonságos alternatívájuk.

Mit árulhat el rólunk egy okosmérő?

Az okosmérő részletesen rögzíti, mikor és mennyi áramot használunk. Ebből sok minden kiderülhet rólunk, például hogy mikor vagyunk otthon, mikor főzünk, mikor alszunk, sőt az is, hogy milyen eszközöket használunk.

- Mikor vagyunk otthon?
- Mikor főzünk vagy fűtünk?
- Milyen eszközöket használunk?
- Mikor alszunk?

Ezért az energiaadatok is személyes adatoknak minősülhetnek, és meg kell védeni őket – akárcsak egy jelszót vagy a személyes leveleinket.

ETIKAI KÉRDÉS

Melyik a fontosabb: hogy a rendszer minél több adatból minél pontosabban működjön, vagy hogy csak a feltétlenül szükséges adatokhoz férjen hozzá?

Az energiaellátás jövője nemcsak okos, hanem biztonságos is kell, hogy legyen.
A mikrohálózatok és a digitális védelem együtt adják a megbízható holnapot.

Rendszerirányító próba

1. FELADAT – Tartsd egyensúlyban a városrészt!

Egy okosvárosrész esti csúcsidőszakában akkor működik zavartalanul a rendszer, ha a rendelkezésre álló energiaforrásokat jól használod ki. A cél: fedezd a 18:00–22:00 közötti energiaigényt úgy, hogy ne lépd túl a megadott korlátokat, és a lehető legkevesebb energiát kelljen a nagy hálózatból importálni!



Adatok	
A városrész energiaigénye 18:00–22:00 között:	10 MWh
Helyi energiatermelés 18:00–22:00 között:	4 MWh
Helyi akkumulátor:	legfeljebb 2 MWh visszatáplálható energia áll rendelkezésre
Csatlakoztatott elektromos autók:	legfeljebb 1 MWh visszatáplálható energia áll rendelkezésre
Egy hűtőraktár fogyasztásából:	1 MWh áthelyezhető 22:00 utánra
A nagy hálózatból:	legfeljebb 3 MWh importálható

A Mennyi energiát kell legalább importálni a nagy hálózatból, ha minden helyi lehetőséget a lehető legjobban kihasználsz?

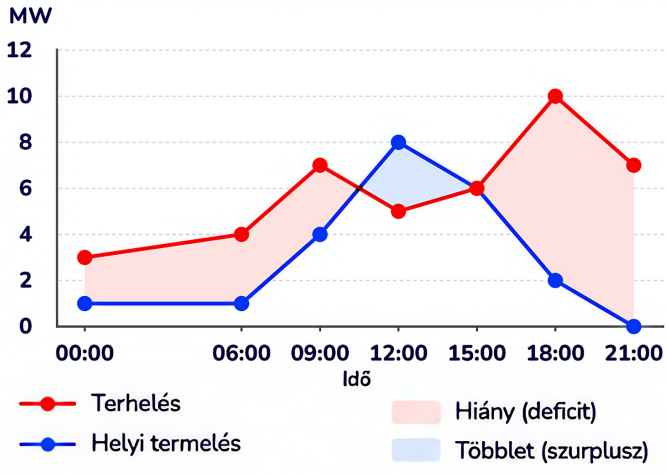
B Mennyi energiát tápláljon vissza a helyi akkumulátor, és mennyit a csatlakoztatott elektromos autók?

C Mennyi fogyasztást érdemes 22:00 utánra áthelyezni, és így mennyi energiaigényt kell 18:00–22:00 között fedezni?

2. FELADAT – Olvasd a rendszer adatait!

Idő	Terhelés (MW)	Helyi termelés (MW)
00:00	3	1
06:00	4	1
09:00	7	4
12:00	5	8
15:00	6	6
18:00	10	2
21:00	7	0

Terhelés és helyi termelés alakulása



1 Melyik időpontban a legnagyobb a különbség a terhelés és a helyi termelés között? Hiány vagy többlet ekkor?

2 Melyik időpontban van a legnagyobb helyi termelési többlet?

3 Mikor van szükség a nagy hálózatból áram importálására?

4 Mely időpontokban lenne érdemes az akkumulátorban eltárolt energiát visszatáplálni a rendszerbe?

5 Hogyan tudnád kiegyenlíteni a napi terhelést a rendelkezésre álló tárolókkal és áthelyezhető fogyasztásokkal?



Döntési szoba

3. FELADAT – Műszaki hiba vagy kibertámadás?

SZITUÁCIÓ – 10:12

Te egy kórház mikrohálózatának irányítócsapatában vagy. Hirtelen furcsa adatokat észleltek. A rendszer riasztást adott.

- három okosmérő ugyanabban a másodpercben nulla fogyasztást jelez,
- a fő transzformátornál külön mérő továbbra is normál terhelést mutat,
- a rendszer egy ismeretlen felhasználói fiókból érkező kapcsolási parancsot észlel,
- a helyi akkumulátor töltöttsége 72 százalék,
- a közelgő vihar miatt a külső hálózat állapota bizonytalan, de még nincs áramszünet.



A) Értékeld a helyzetet!

1. Milyen jelek utalnak műszaki hibára?

.....

.....

2. Milyen jelek utalnak kibertámadásra?

.....

.....

.....

B) Állítsd sorrendbe az intézkedéseket!

Számozd a lépéseket (1 = első), a hibás döntést húzd át!

- ( ) Független mérőkkel ellenőrizni a fogyasztási adatokat.
- ( ) Letiltani az ismeretlen felhasználói fiókot.
- ( ) Elkülöníteni a gyanús kommunikációs hálózati részt.
- ( ) A kritikus kórházi fogyasztókat bekapcsolva tartani.
- ( ) Megőrizni a rendszer naplóadatait vizsgálatra.
- ( ) Azonnal lekapcsolni a teljes kórház energiaellátását.

C) Védd az adatokat!

Ki milyen adatokhoz férjen hozzá? Jelöld a táblázatban!

Jelmagyarázat: ✓ = hozzáférhet ⊘ = nem férhet hozzá

Adattípusok	Műszaki vezető	Energiaszolgáltató	Külső elemzőcég	Nyilvánosság
Teljes óránkénti energiafogyasztás				
Osztályok részletes fogyasztása				
Dolgozók neve				
Helyi akkumulátor töltöttsége				
Belépési és kapcsolási napló				
Műtők aktuális működési állapota				

D) Alkoss három szabályt!

Írj három szabályt, amit a kórházi mikrohálózat irányításánál mindig be kell tartani!

1. .....

.....

2. .....

.....

3. .....

.....

ZÁRÓGONDOLAT

A jövő energiarendszerének legnagyobb vívmánya az lehet, hogy biztonságosan képes összehangolni emberek és eszközök milliói.