

TDK DOLGOZAT

Náhol Krisztián
TI055F
Gazdaságinformatikus Bsc

Budapest
2024-05-05

Milton Friedman Egyetem
Módszertani és Informatikai tanszék

Egyedi alkalmazás fejlesztése
a villamosenergia szolgáltatók részére
az energiatárolók hatékonyabb felhasználása érdekében

Konzulens tanár:
Dr. Nyikes Zoltán
főiskolai docens

Készítette:
Náhol Krisztián
TI055F VII évfolyam
Gazdaságinformatikus BSc

Budapest

TARTALOM

1	Bevezetés.....	1
2	Fogalmi magyarázatok	2
2.1	Adattárolás és RAID tömbök.....	2
2.1.1	A RAID	2
2.2	Adatbiztonság és biztonsági másolatok	4
2.2.1	Adatbiztonság felhasználó kezelés írás olvasási jog	4
2.2.2	Hálózati kapcsolatok, és azok típusai	4
2.2.3	Hálózati eszközök és menedzselésük -VLAN-ok	5
2.2.4	Felhő szolgáltatás	5
2.3	VPN rendszerek	6
2.4	Forgalom irányítás és tűzfalkezelés	6
2.5	Energetikai fogalmak:	7
2.6	Összegzés	9
3	A szoftver létjogosultságának indoklása	10
3.1	<i>Háttér, és elméleti alapok:</i>	12
3.2	A szoftver árazása:	13
3.2.1	A szoftver árképzése.....	14
3.3	Összefoglalás	15
4	Működési, felépítési elv.....	17
4.1	A felépítési elv	18
4.2	Tervezett működési elv:	20
4.3	Adatbázis Tervezés	20
4.4	A hardver felépítés	23
4.4.1	A szerver oldal.....	23

4.4.2	Kliens oldal.....	24
4.5	A szabályozás.....	25
4.5.1	A számolás.....	28
4.5.2	A következő szint	31
4.6	Fejlesztői implementációk	35
4.7	Összegzés	36
5	Tovább fejlesztési lépések, tervek, lehetőségek	38
6	Összefoglalás	40
7	Irodalomjegyzék	41
8	Ábrajegyzék.....	44
9	Absztrakt.....	45
10	Abstract.....	46

1 BEVEZETÉS

Napjainkban, amikor a megújuló energiák teret hódítanak, a felhasználásukra állami szinten is van ösztönzés, de ez ösztönzés nélkül is a lakosság és az ipari szereplők részére egyre megfizethetőbbek. A geopolitikai helyzet miatt a villamosenergia, annak tárolása, költségeinek csökkentése kivált képpen szem elé került, de legalábbis nagyobb érdeklődés övezi. A megtermelt villamos energia tárolás egy, már-már stabil technológia, gondoljunk az autó akkumulátorokra, azonban egy ipari környezetben használni és vezérelni még nem kiforrott technológia.

A lakossági villamos energia tárolók egy primitívnek mondható beépített úgynevezett Akkumulátor Menedzsment Rendszer (Battery Management System, BMS), és egy kezdetleges, szintén beépített Energia Menedzsment Rendszer (Energy Management System, EMS) által vezérlik az áram útját. A szolgáltatóknál, ha van is a tároló a rendszerben, annak „mozgatása” ki és betárolása, veszteségek kezelése, költséges, esetleg adott gyári felületről, egy nehézkes felügyeleti ellenőrző és adatgyűjtő rendszer, azaz a SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) illesztésen keresztül működik, de nem mindig autonóm módon, hanem kézi vezérléssel, esetleges kézi beavatkozással.

TDK dolgozatom célja az általam fejlesztés alatt álló és fejlesztendő szoftver tulajdonságait, folyamatait, a várható produktumot, valamint a végén a fejlődési lehetőségeit mutatja be és veszi végig. A dolgozatom a gazdasági oldalról is vizsgálja, részben a fejlesztési költségeket és az árazás kérdéseit.

A szoftver fő célja a villamos energia nagy- és kiskereskedők részére ad hatékony megoldást.

2 FOGALMI MAGYARÁZATOK

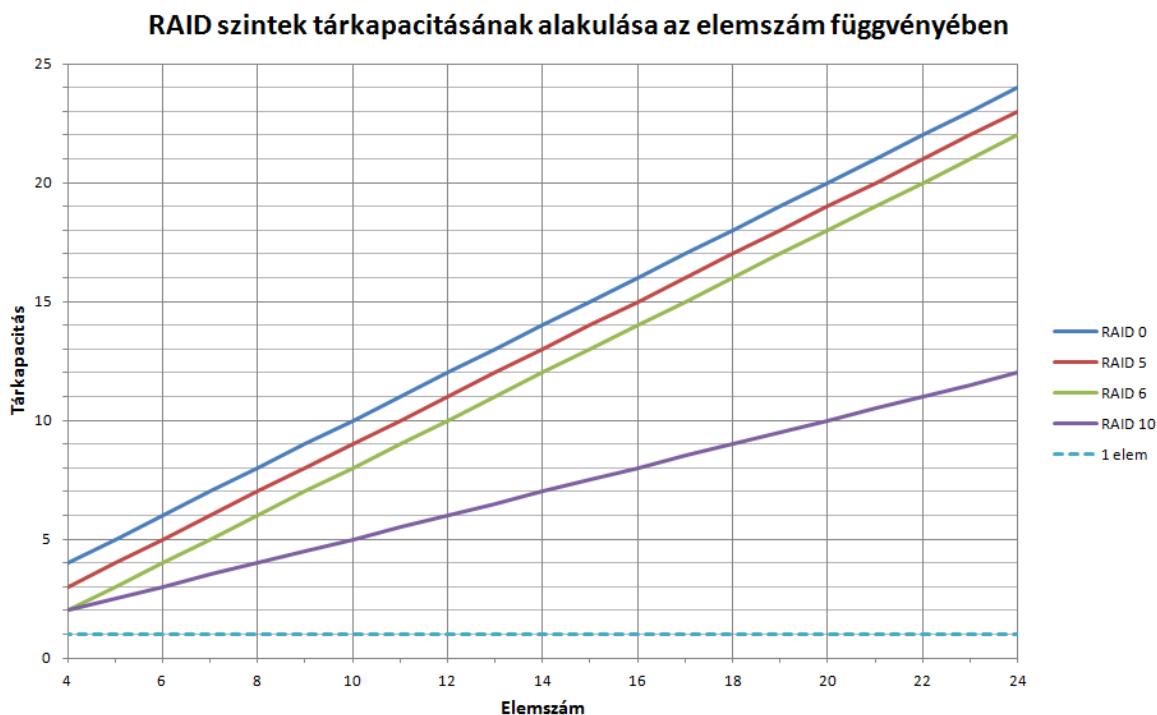
Ahhoz, hogy a lényegi leírást jobban megértsük, érdemes pár fogalmat tisztázni és körüljárni. Mindezt azért, mert ezen fogalmak magyarázatával jobban érthetőbbé és emészhetőbbé válik a szakmai leírás.

2.1 Adattárolás és RAID tömbök

A mai digitális világban az adatokat digitális formában tároljuk, ezekhez a napi használat során a rendszereink beépített adattárolóit (általában merevlemezeit) használjuk. Az adataink tárolásánál fontos szempont, hogy azok sérülése esetén ne legyen adatvesztés, és ha meg is történne, akkor is az adatok reprodukálhatóak legyenek. Az adatokat ezért olyan merevlemezen érdemes tárolni, ami nem egy darabból áll, folyamatos biztonsági mentés készül róluk, és nagy redundanciával bírnak. Az ilyen tárolási megoldások például a RAID tömbök.

2.1.1 A RAID

A „független lemezek redundáns tömbje” *Redundant Array of Independent Disks* angol kifejezés mozaik szava a RAID.



1. ábra: Raid szintek tárhelykapacitása elemszám függvényében

Ez egy tárolási technológia, mely segítségével az adatok elosztása vagy replikálása több fizikailag független merevlemezen, egy logikai lemez létrehozásával lehetséges. Minden RAID szint alapjában véve, vagy az adatbiztonság növelését, vagy az adatátviteli sebesség növelését szolgálja. Több szintet hoztak létre, eredetileg 5 szintet definiáltak (RAID 1-től RAID 5-ig).

Az egyes szintek nem a fejlődési, illetve minőségi sorrendet tükrözik, hanem egyszerűen a különböző megoldásokat. A kezdeti 5 szinthez később hozzávették a RAID 6-ot és a RAID7-et. RAID 0 jelöli azt a változatot, ahol a lemezeket összefűzzük, azaz redundancia nélkül kapcsoljuk össze. Ezeken kívül használják még több RAID tömb egymásra építését is, a legelterjedtebb a RAID 10 (vagy RAID 1+0), RAID 01 (vagy RAID 0+1), illetve a RAID 50 (vagy RAID 5+0). A RAID alapötlete a lemezegységek csíkokra (stripes) bontása. Ezek a csíkok azonban nem azonosak a lemez fizikai sávjaival (tracks), amit az angol és magyar elnevezés különbözősége is jelez. (Lásd 1-es 2-es ábra) Egyes gyártók saját RAID technológiát használnak, vagy hibrid megoldást, mint a RAID10, RAID01, vagy akár az SHR [1].



2. ábra: A RAID tömbök tárolására példa forrás: UFS Expoler

(SHR Synology Hibrid RAID: Synology cég által kifejlesztett rugalmas RAID kötet mely akár 1 lemezzel kezdhető és dinamikusan növelhető)

A rendszerbe kialakítástól függően rakható HOTSPARE és gyorsító tár is. (HOTSPARE vagy HOT SWAP: a rendszerkonfigurációk megbízhatóságának biztosítására szolgáló hibaelhárítási mechanizmusként használjuk. Egy rendszer és a hozzá kapcsolható eszközök azon képessége, amely lehetővé teszi utóbbiak leválasztását és/vagy cseréjét a szerver áramtalanítása és

újraindítása nélkül is. Ezt a funkciót az egység és az illesztő hardvere mellett a működtető operációs rendszernek is támogatnia kell, egyéb esetben a leválasztás adatvesztést okozhat.

2.2 Adatbiztonság és biztonsági másolatok

Az adataink biztonsága nem csak a tárolási lehetőségek kiaknázásával valósul meg. Azok tárolásánál szükség van az adatok biztonsági másolatára is, az adatvesztés veszélyek elkerülése miatt, például lemeztitkosító vírusok, elemi károk stb. Ez többféle képpen valósulhat meg.

A fő szempont, hogy a biztonsági másolatok egy külön rendszeren legyenek tárolva. A mentéseket, ha lehet akár óránként, kritikus alkalmazások esetén akár 15 percenként végezzük el. Ha ezt, egy erre készült speciális programmal végezzük, lehetőség van automatizálni, illetve verzió szinten tárolni. Ebben az esetben megadhatjuk, hogy a mentések hány verzióját őrizze meg a rendszer és a beállított verziószám eléréskor a legrégebbit felülírja (rotáció). Az sem hátrány, ha nem csak a külön eszköz, de a különálló helyszín is megtud valósulni. Például, egy elemi kár esetében nem semmisül meg az eredeti és a biztonsági másolat egyidőben.

2.2.1 Adatbiztonság felhasználó kezelés írás olvasási jog

Most, hogy az adataink tárolásáról, és biztonsági mentéséről is gondoskodtunk, javasolt az adatok hozzáférhetőségének beállítását is elkészíteni. Elsődleges jellemzője ennek a folyamatnak, hogy az adott könyvtárakat és fájlokat csak azok lássák, akinek erre szüksége van (olvasási jog). Általában a módosításhoz, azaz az írási joghoz kevesebb személynek van hozzáférése. Az írási jog ad törlési jogot, így ennek kiadásával érdemes óvatosan bánni. Javasolt elkészíteni egy átmeneti lomtárat, hogy az esetleges törölt fájlok oda kerüljenek és ne a végleges törlésre, így könnyebb lehet adatot visszaállítani a rendszergazdának [2].

2.2.2 Hálózati kapcsolatok, és azok típusai

A rendszereinket, eszközeinket az irodában hálózatba kötve tudjuk a legjobban használni. Ez régebben koaxiális kábelben Token ring, később CAT5, CAT5e (100MHZ 10-100MBit-es sebességű hálózatok), ma már elterjedtebbek a CAT6, CAT6a, CAT7, CAT8.1-2 hálózatok melyek 200MHz – 2000MHz 1-40Gbit sebességgel képesek kiszolgálni az igényeinket. Ezeket a hálózatokat használhatjuk adat és hangtovábbításra. Ezek a hálózatok réz alapú hálózatok. Szerverek egymásközti, illetve a hálózat aktív eszközeivel kommunikálhatnak a fentiekén kívül

stack kábelrel (gyártó specifikus) vagy optikai alapú hálózaton is. A belső hálózat alap szabványos felépítése pc – lengőkábel – fali aljzat- fali kábel – patchpanel -patch kábel – aktíveszköz. Látható, hogy a hálózatok alapvető elemei a kábeleken kívül a hálózati eszközök.

A TDK dolgozatban még feltűnik a MODBUS hálózat is, ami lehet csavart érpáron kommunikáló protokoll, vagy MODBUS/TCP/IP mely már a normál hálózatra ülteti át a MODBUS kommunikációt. A mi esetünkben csak a MODBUS kommunikációt használjuk [3].

2.2.3 Hálózati eszközök és menedzselésük -VLAN-ok

A hálózatunk irányítását (router) és a kapcsolatokat (switch) aktív eszközök biztosítják. Ahhoz, hogy a hálózat biztonságát kialakítsuk, meg kell határozni, hogy melyik gép milyen hálózati erőforrásokhoz férjen hozzá. Így az azonos hozzáférési igényeket csoportba szedve VLAN-okat alakítunk ki. Ezt az aktív eszközökön layer 2, vagy layer 3-as konfigurálással tudjuk megtenni. Úgy tudunk létrehozni több virtuális hálózatot egy aktív eszközön, hogy a fizikai eszközparkon nem változtatunk. Fontos az, hogy ezt el tudjuk végezni, ahhoz kell, hogy az aktív eszközeink támogassák a layer 2 és a layer 3 konfigurációt. Az eszközök csatlakozásának szűrése MAC cím alapján javasolt, így növelve a hálózat belső biztonságát. A külső támadások ellen a router alapos és körültekintő konfigurálásával a többszintű hálózat kialakításával tudunk védekezni, és az egyes szinteket tűzfalakkal kell elválasztani [4].

2.2.4 Felhő szolgáltatás

A hálózaton adattárolásra több rendszerfajta is lehetőséget ad, a megosztott meghajtókon keresztül a felhő szolgáltatásig. Bár több szolgáltató kínál felhőszolgáltatást, a legjobb a saját felhőszolgáltatás kialakítása, valamint az energetikai szoftverek területén követelményként is megjelenik. Az előnye, tudjuk, hogy az adataink fizikailag hol vannak, és nagy valószínűséggel nem vesznek el, hátránya, hogy az adatbiztonság a mi felelősségünk, és az üzemeltetési költség is. A felhő szolgáltatás lényege, ebben az esetben, hogy hely független, centralizált adattárolást valósít meg. A saját felhőszolgáltatáshoz, a csatlakozás távolról VPN kapcsolaton kell, hogy történjen. A villamos energia szereplői nem használhatnak publikus szolgáltatókat, mint AZURE, vagy AWS [5].

2.3 VPN rendszerek

A helyi hálózatunkhoz kívülről az interneten keresztül biztonságosan kell, hogy kapcsolódjunk. (a port forward, illetve az eszközök a netre történő „kiforgatása” biztonsági kockázatokkal jár.) A biztonságos csatlakozás legmegfelelőbb módja a VPN kapcsolat kialakítása. A VPN lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy egy megosztott vagy nyilvános hálózaton keresztül úgy küldjenek és fogadjanak adatokat, mintha számítógépjeik közvetlenül kapcsolódnának a helyi hálózathoz. A kapcsolat „magán” -jellegét az adja, hogy a VPN-en keresztül menő adatok a virtualizált hálózat miatt nem láthatók.

L2TP, IPSEC

VPN alagutat hoznak létre akkor, ha egy például egy cég két külön telephelyét össze akarja kötni. Akkor a kapcsolat a 2 router között jön létre, nem a kliens gép és a router között. Ami esetünkben minden kliens egy VPN alagutat hoz létre a fő szerver között.

A dolgozatban a VPN alagutat az adattovábbításra használjuk, hisz az adatokat a távoli szerveren dolgozzuk fel, és küldjük vissza az ügyfélhez [6].

2.4 Forgalom irányítás és tűzfalkezelés

A forgalom irányítás azt jelenti, hogy az adott munkaállomás milyen útvonalon éri el a szervereket, vagyis az adatcsomagot, milyen útvonalon továbbítja. Csomagkapcsolt hálózatokban ez az útválasztás határozza meg a csomagtovábbítást, azaz a logikai címmel ellátott csomagok átvitelét a forrás irányából a cél irányába, a közbenső hálózati aktív elemek közreműködésével, mint a switch, a tűzfal és a router. Természetesen, itt most egy belsőhálózaton lévő adatforgalomról beszélünk, ahol pl. egy tűzfal szabályozza, hogy az adott alhálózat milyen portokon, protokollokon keresztül mivel kommunikálhat. De talán ugyan ilyen fontos, ha nem fontosabb, hogy az internet felé hogyan miként milyen policy-n keresztül kommunikálhat. És talán a legfontosabb, hogy az internet felől érkező forgalom, hogyan és mikén érkezhetsen meg a belső hálózatunkba [7].

Ez a kérdés egy energetikai szoftvernél nagyon kritikus kérdés.

2.5 Energetikai fogalmak:

Profilos elszámolás: fogyasztás alapú, a havi rendszerességgel leolvasott mérőadatok alapján kerül elszámolásra a fogyasztásmérés, lehet 12 egyenlő részű általány, vagy bediktálós rendszerben.

Idősoros elszámolás: ebben az esetben olyan fogyasztásmérővel történik a mérés, ami a 15 perces mérési adatokat egy regiszteres tárolóban rögzíti. Az elosztó egy a saját maga által kiépített rendszer segítségével a fogyasztási adatokat leolvassa, majd ez alapján állítja ki a havi elszámoló számlát. Az ilyen adatokat az online felhasználói felületen meg lehet nézni a szolgáltatónál.

RHD díj: rendszerhasználati díj a fogyasztás mennyisége alapján kalkulált díj, a profilos mérésnél egyben számlázott, idősoros mérésnél általában külön számlán kerül kiküldésre.

Visszawatt védelem: a napelem rendszer – az inverter szabályozásával – csak annyi energiát termel, amennyit a fogyasztó adott pillanatban fel is használ. Első védelem: egy okos mérő nézi a fogyasztást, és MODBUS-on az inverterrel közli az energia adatokat, az inverter pedig mindig az aktuális fogyasztás 3-5%-át engedi a hálózatról a többi a napelemből. Fedő védelem: Az áramváltón átfolyó áram iránya, ha megfordul, azaz a hálózat felé indulna, leválasztja az invertert fizikailag a hálózatról, majd minimum 300 másodperc után visszakapcsolja.

HMKE: Háztartási méretű kiserőmű, ennek minősül minden olyan kiserőmű, amely kisfeszültségű hálózatra csatlakozik, valamint a csatlakozási teljesítménye egy csatlakozási ponton nem haladja meg az 50 kVA-t. Általában napelemes rendszerre mondjuk, de lehet szélenergia, vagy gázmotor.

MODBUS: A master/slave kapcsolaton alapuló kommunikációs protokoll a MODBUS protokoll. A protokoll elsődleges célja a megbízható és gyors kommunikáció az automatizálási szint és a terepi eszközök között.

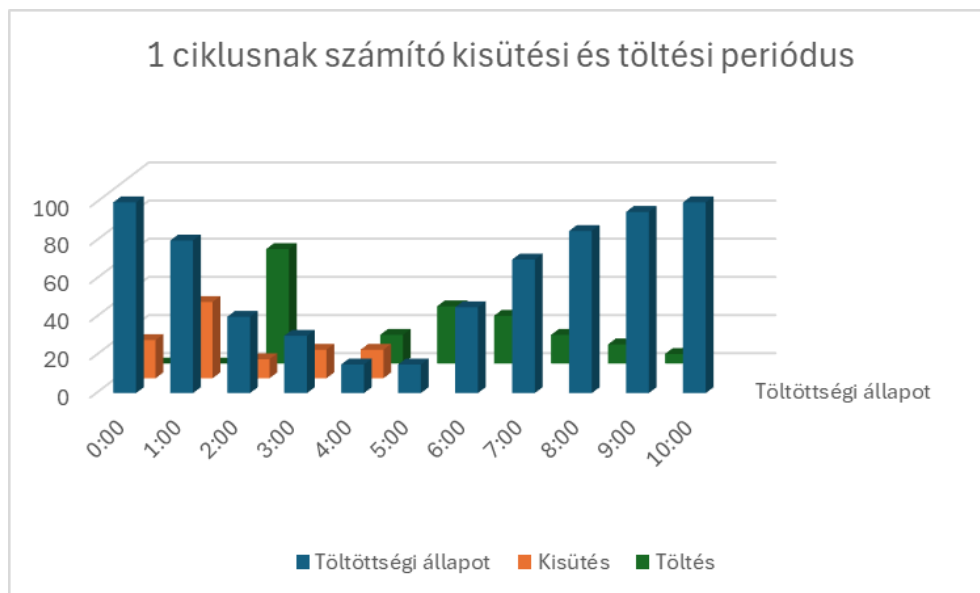
CAN BUS: (Controller Area Network) egy robusztus buszszabvány, ami lehetővé teszi a mikrokontrollerek és az egyéb eszközök számára, hogy host nélkül kommunikáljanak egymással. Ez a Busz üzenetközpontú protokoll, amit elsőként az autóiparban használtak.

DC/DC konverter: A tároló egységekben elhelyezett egység, ami az inverter és a tároló cella között helyezkedik el, és azért felelős, hogy a kimeneti feszültség mindig az optimális érték legyen.

BMS: Battery Management System: Cella vezérlés és feszültség szint szabályozás. Az ilyen megoldást nyújtó elektronikai berendezéseket, gyűjtőnéven akkumulátor felügyeleti rendszereknek nevezik, és minden igényes lítium, vagy egyéb alapú akkupakkban megtalálhatók.

EMS: Energy Management System, Az energia termelésére, irányítására, és fogyasztás optimalizációra fejlesztett rendszer.

Kisütési ciklus szám: Az energia tárolók kitárolási és betérárolási számát mutatja meg a 80%-os kapacitás csökkenés elérésének határáig. Az egy ciklusnak számító töltés kisütés arányát a 3. ábrán szemléltetem.



3. ábra: A ciklusok meghatározása (készítette: a szerző)

2.6 Összegzés

Láthatjuk, hogy napjainkban egy összetett kérdés egy energetikai szoftver megtervezése, fejlesztése után követésének megtervezését pedig a későbbiekben látni fogjuk. Az biztos sokkal komplexebb gondolkodást és megvalósítást kíván, mint a 2000-es évek elején. Látjuk milyen fogalmakkal találkozunk a következőkben, milyen egységekben gondolkozunk, és milyen komplex tudást igényel.

3 A SZOFTVER LÉTIJOGOSULTSÁGÁNAK INDOKLÁSA

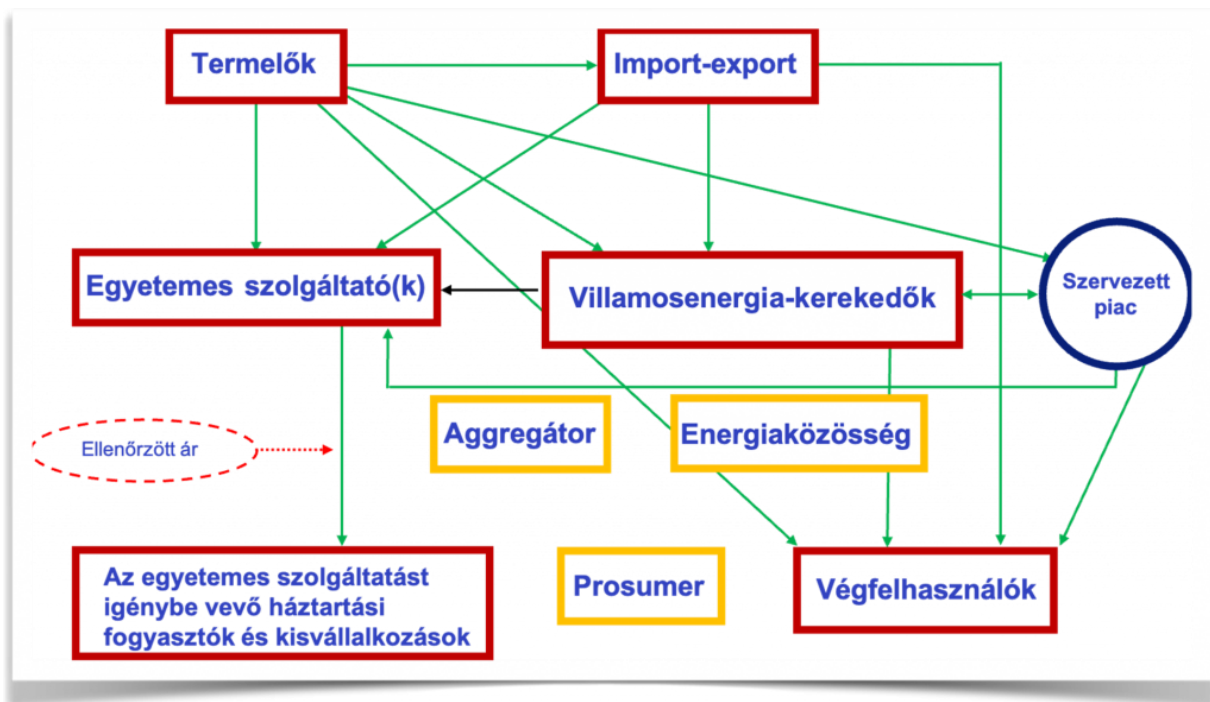
Ahhoz, hogy megértsük miért elsődlegesen ezt a szegmensét célozom meg, ehhez egy kis kitérőt teszek a villamosenergia kereskedelem alapjaiban.

Ma Magyarországon, ha valaki nem egyetemes szolgáltatásban kapja az áramot (pl. lakosság), akkor úgynevezett idősoros méréssel mérik a fogyasztását. Az ilyen fogyasztóknak energiakereskedőt kell keresni a versenypiacról, így ugye ő havonta két számlát kap egy hálózat használati díjról szólót, és egy fogyasztott energiáról szólót.

A két számla összefügg abban, hogy a fogyasztott energia alapján számolnak Rendszer Használati Díjat (RHD).

Ez a közelmúltig 3x63A teljesítmény felett, volt jellemző, de napjainkban azok a nem természetes személyeknek számító ügyfelek, akinek nincs 3x63A-teljesítménye, és nincs idősoros fogyasztása, azt is átsorolták a versenypiaci szegmensbe, és kivették a lakossági egyetemes ellátás alól. (a rezsicsökkentés fenttarthatóbbá tétele miatt).

Visszakanyarodva a versenypiaci beszerzéshez, a felhasználónak a villamosenergia kiskereskedő adja az áramot, a kiskereskedőnek a nagykereskedő, vagy egyéb energiatermelő. A mérlegkörü felépítést a 4. ábrán szemléltetem.



4. ábra: A mérlegkör elvi felépítése Forrás: Holdblog [8]

Ahhoz, hogy a magyarországi energiaellátás egyensúlyban legyen, minden kereskedőnek mérlegköre van, amin belül az egyensúlyt fenn kell tartani. Amikor a felhasználó szerződik a versenypiacra, akkor a szerződésben a szokásos szerződési adatokon kívül rögzítik a maximális teljesítményt (kW), a várható maximális fogyasztást (kWh) és a díját a szerződött időtartamra vagy /évre, valamint egyéb számunkra most nem releváns dolgokat.

Ezt a várható fogyasztást a kereskedő az ő mérlegkörébe leköti, és az ő beszállítójánál pl. nagyker, aki ez alapján a termelői kapacitást mozgatja.

Ha esetleges eltérés van, ami meghaladja a várható fogyasztás pl. +/- 10 %-át az szankcióval jár minden mérlegkörben. Ha a fogyasztónál van eltérés, akkor valószínű a kiskereskedelmi mérlegkörében ez megjelenik, és a nagykereskedelmi mérlegkörében is. Ezt a szintet átlépve, ha lefelé történik akkor alulfogyasztásról, ha felfelé akkor túlfogyasztásról beszélünk. Ugyanilyen metodika a legnagyobb lekötött teljesítmény szint is. Ha a lekötött teljesítmény 2 egymást követő negyedórán meghaladja a szerződött mennyiséget, akkor azért szintén szankció jár. Ahhoz, hogy ezek egy tervezhető egységek legyenek mérlegkör szinten, a kereskedők menetrendezik a fogyasztók energiafelhasználását a szokások, vagy egy séma alapján. Ezt a menetrendet negyedórás időszámban adják meg. Például, ha a lekötött teljesítmény 100kW akkor nem haladhatja meg a harmadik negyedórán semennyivel ezt az értéket, ha az előtte lévő két negyedórás ciklusban $100+n$ volt. Ha többet fogyasztanak, vagy nagyobb teljesítményt vesznek le a hálózatról, mint a szerződött és ezáltal menetrendezési értékek, akkor kiegyensúlyozási energiát kell venni a rendszerből, aminek a normál energiához képest többszöröse a költsége, ráadásul szankciós tétel is van mögötte.

Akkor mikor arról szólnak a hírek, hogy nem lehet a rendszerbe betáplálni, akkor az azért van, mert a rendszerirányító nem képes az egyensúlyt fenntartani. Erre már telepítik a szolgáltatók a több MWh tárolókat bizonyos trafóközetekbe, általánosan Közép feszültségű csatlakozásokra (KÖF- Középfeszültségű az a váltakozó feszültség, amelynek névleges értéke 1 kV-nál nagyobb és legfeljebb 35 kV-MSZ 1:2002 Szabványos villamos feszültségek).

Az elképzelésem az, hogy az általam megalkotott szoftverrel, képes az energiakereskedő a mérlegkörét úgy egyensúlyban tartani, hogy nem 1-1 nagy, több MWh-tárolót rak be a mérlegkörébe, hanem bizonyos fogyasztás feletti fogyasztókat ösztönöz arra, hogy telepítsenek, az ő általa meghatározott tárolót. Ezt teheti állami támogatással egybekötve vagy a saját maga által finanszírozott formában, esetlegesen részfinanszírozással [9].

Így nem a nagy kört egyensúlyozza 1-1- ponton, hanem ha minden fogyasztó a menetrend alapján fogyaszt, akkor nem borulhat fel a nagy mérlegkörnek sem az egyensúlya, valamint a fogyasztóknál lehet használni azt a napelemes teljesítményt, amit eddig nem engedtek a rendszerbe visszatáplálni [10]. (Ez a visszawatt védelem.)

3.1 Háttér, és elméleti alapok:

Az alábbiakban sorolom fel, hogy milyen kritériumoknak kell megfelelni a fejlesztendő szoftvernek:

Nagy adatkezelés (Big Data) és analitika: Az energiaipari adatok mennyisége és sokfélesége növekszik. Szükség van az effektív adatgyűjtés, -tárolás, és -elemzés módszereiben, különösen a nagy mennyiségű mérőadatok és IoT eszközök kezelésére, több szintű tárolására.

Intelligens hálózatok (Smart Grids): Az intelligens hálózatok kifejlesztése és optimalizálása olyan terület, amely magában foglalja az automatizált vezérlést, a hálózati elemzéseket, az energiahatékonyságot és a hálózati megbízhatóság növelését.

Energiatárolás optimalizációja: Az energiatárolás (például akkumulátorok) hatékony felhasználásának és optimalizálásának kérdése fontos annak érdekében, hogy kiegyenlítsék a hálózatok terhelését és növeljék az energiatároló rendszerek hatékonyságát.

Időjárásfüggő energiakezelés: A megújuló energiatermelés, mint például a nap- és szélenergia, nagyban függ az időjárási feltételektől. Szükség van az időjárási előrejelzések jobb kihasználásában, a termelési és fogyasztási előrejelzésekben.

Gépi tanulás és mesterséges intelligencia: Az AI és gépi tanulás alkalmazása az energetikai rendszerekben, például az energiafogyasztás, egyéb becsülhető adatok előrejelzése, hibadiagnosztika és a hálózati optimalizáció terén kiemelt jelentőséggel bír.

Kiberbiztonság: A növekvő mennyiségű adat és a digitalizáció miatt kritikus a kiberbiztonság kérdése az energetikai szektorban. Fontos felismerni a kiber fenyegetések lehetőségét, célzott területeit, megelőzésében és kezelésében.

Energhahatékonyság és fenntarthatóság: A fejlesztések irányulhatnak az energiahatékonyság növelésére, például az energiafelhasználás optimalizációjára, az energiafelhasználás monitorozására és az energiahatékony technológiák kifejlesztésére, meglévő energiaforrások hatékony felhasználására, tárolási kapacitások jobb kihasználtságára.

Decentralizált energiatermelés és mikro hálózatok (MicroGrid): A decentralizált energiatermelés (pl. napenergia, szélenergia) és mikro hálózatok kialakítása és optimalizálása olyan terület, amelyre a kutatásnak összpontosítania kell. Mérlegkörök egyensúlyának fenntartása, kiegyenlítő energia minimalizálása.

Jogszabályi és szabályozási kihívások: A jogi és szabályozási környezet folyamatosan változik az energiaszektorban, ami a mi esetünkben többszörösen is igaz. A szoftvernek frissítések alapján képesnek kell lennie a folyamatos jogszabály változások lekövetésére.

3.2 A szoftver árazása:

Egy energetikai szoftverprojektek költségvetése, ROI (Return on Investment - befektetés megtérülése) és finanszírozása kulcsfontosságú szempontok a projekt sikeres tervezéséhez és végrehajtásához [11].

Az alábbiakban összefoglalom ezeknek a területeknek az alapvető szempontjait:

1. *Költségbecslés:* A projekt kezdeti szakaszában fontos pontosan meghatározni a szükséges forrásokat, beleértve a fejlesztési időt, a munkaerőt, az infrastruktúrát, a szoftveres és hardveres eszközöket.
2. *Költségkontroll:* A projekt során szükséges folyamatosan monitorozni és ellenőrizni a költségeket. Ennek része a változások követése és azok hatásainak értékelése a költségvetésre.
3. *Rugalmasság:* Az energetikai projektek jellemzően változó követelményekkel rendelkeznek. A költségvetésnek tartalmaznia kell egy rugalmasságot is a változások kezelésére.
4. *Üzleti Érték:* Az energetikai szoftverprojektek esetében kiemelten fontos az üzleti érték meghatározása. Az ROI-t ez az üzleti érték és a projekt költségeinek arányában számolják ki.
5. *Költség-haszon elemzés:* Az energetikai szoftverek bevezetésének előnyeit és költségeit össze kell hasonlítani az érdekelt felek szemszögéből. Ez magában foglalja a megtakarításokat, a hatékonysági növekedést és a versenyelőnyöket.

6. *Hosszú távú előnyök:* Az energetikai projektek esetében a hosszú távú előnyök is figyelembe vehetők, mint például a fenntarthatóság, az energiahatékonyság és az üzleti folyamatok javulása.
7. *Finanszírozás:* Az energetikai szoftverprojektek finanszírozása lehet saját tőke, külső befektetők, hitelek vagy egyéb finanszírozási módszerek felhasználásával történik. A megfelelő források biztosítása kulcsfontosságú a projekt sikere szempontjából. Lehetőség van szakaszos finanszírozásra: amikor projekteket megfelelő időben és szakaszban kell finanszírozni, figyelembe véve a fejlesztési ciklusokat és a megtérülési periódusokat. Gondolni kell a kockázatkezelésre: A finanszírozási tervnek tartalmaznia kell a projekt kockázataira való felkészülést, például késések vagy költségnövekedések esetén. Az energetikai szoftverprojektek esetében a költségvetés, a ROI és a finanszírozás összetett szempontok, és a siker kulcsa a szorosan vezetett, jól tervezett és átlátható projektmenedzsment.

A megfelelő tervezés, ellenőrzés és értékelés biztosítja, hogy a projekt a tervezett módon haladjon, és az elvárt üzleti eredményeket hozza.

Az, hogy a szoftver költséget takarít meg, azt már tudom. De azt, hogy mennyit, az kérdéses, de a végén elég sok tényezőből álló összeg lesz. A szoftvert ki tudja használni, arra jelen esetben az a válasz, hogy a hazai piacon ilyen rendszert senki nem használ kis ügyfélnél, tehát ha a nagyok nem is, a kicsik biztosan elsőre szeretnék ezt a szoftvert. Azt gondolom, hogy azt látni fogjuk a folyamat végén, hogy egy ügyfélnél is számottevő összeget lehet megtakarítani, és a lakosságon kívül minden fogyasztónál használható.

A költségén végig mentünk, de van egy másik oldala.

3.2.1 A szoftver árképzése

Az egyszeri díj az éves előfizetéssel és frissítéssel együtt egy jó megoldás lehet, de míg általánosan a jogszabálykövetés egy normál rendszerben 1-2 évig változatlan, addig nálunk hónapról hónapra is változhat, tehát ezt bele kell kalkulálni. A másik kérdés az, hogy hogyan akarjuk skálázni a céget, aki ezzel foglalkozik. Mert, ha a hazai piacot nézzük akkor van „X” kereskedő, az vesz „Y” licenst és vége a hazai piacnak. Itt ugye jöhet, ha munkaállomásokra veszik (hiszen egy kereskedőnél több operátor van), de jobb megoldás, ha a tároló teljesítményt

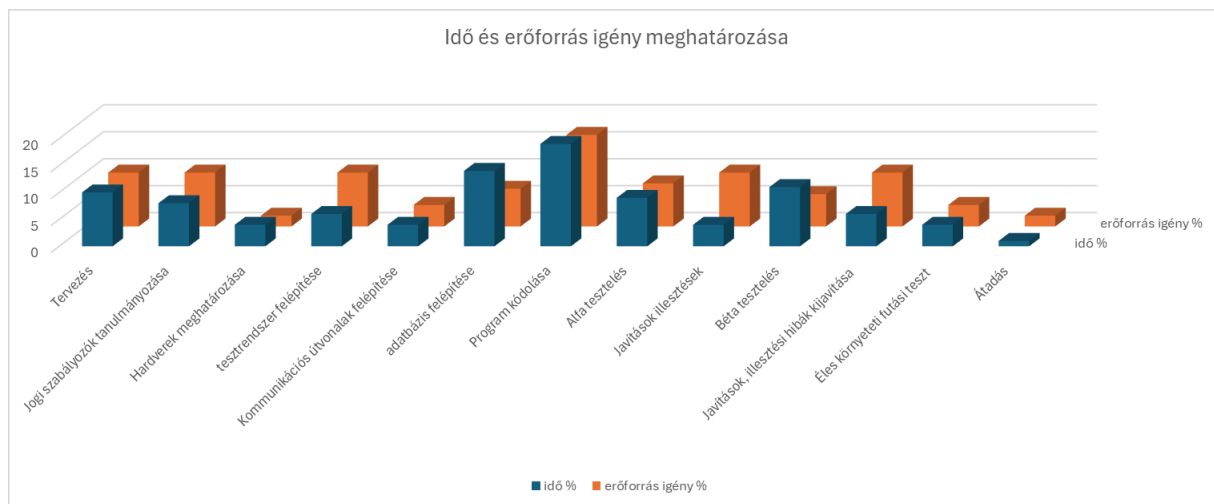
„Z” forintra határozzuk meg vagy ügyfelenként adjuk a licenszet. A következő lépcső a szolgáltatás lenne, hogy mi adjuk a háttér hardvert és az ügyfélnél telepítjük az oda szánt hardvert, a rendszert és a szoftver kapcsolatot, de a szerver biztonsági okokból nem engednénk, illetve a felhő szolgáltatást sem engednénk kiszervezni.

A fentiek alapján a szoftver árazását az alábbi képlet alapján határozom meg, a kereskedő felé:

$$\text{Szoftver ár} = (n \times \text{munkaállomás} \times Y \times \text{ügyfél}) + (\text{tároló teljesítmény (kW)} \times Z \times \text{HUF}) + 2 \times \text{megtakarítás/év} + n \times \text{modul} \times K \times \text{HU} \{1\}$$

Az gondolom, hogy egy ilyen szoftveres megoldásra fel lehet építeni egy folyamatosan felfelé skálázható komplex céget. Majd a szoftver végkifejleténél látni fogjuk, hogy itt nem kell megállnunk az árképzés gondolatával.

Az 5. ábra azt mutatja meg, hogy a fejlesztésnél százalékosan hogyan oszlik meg a ráfordított idő és a költség.



5. ábra: Idő és erőforrás igény meghatározása (készítette: a szerző)

3.3 Összefoglalás

Azt látjuk, hogy az egyszerű lakossági EMS rendszereken bőven túlmutat ez a szoftver, és kereskedelmi oldalról is több van benne. A végkifejletben a cél az, hogy a létrehozott szoftvernek kell vezérelni a telepített tárolót, a helyi energiatermelést, pl. napelem, a

fogyasztásba beavatkozásnak a lehetőségét, valamint figyelni kell a szerződött adatokat, a mérlegkörből érkező és jelenlévő adatokat, valamint előre jelezni a termelést, az árat, a ki és betárolás ütemezését és még nagyon sok változót. A továbbfejlesztési lehetőségeknél lesz látható a sokrétű felhasználási lehetősége.

Azt is látni kell, hogy nem szabad a viszwatt védelemmel ellátott iparnál megállni, bevonható a Prosumer (termelő-fogyasztó) ügyfél, energiaközösségek, valamint ráültethető napelem parkokra, illetve fel-le szabályzó egységekre. (+ 1 érv az árazás kialakításánál.)

4 MŰKÖDÉSI, FELÉPÍTÉSI ELV

A rendszer és a szoftver működésének alapjait ebben a fejezetben fejtem ki. Vesszünk egy átlagos ügyfelet, egy rá szabott tárolóval és le képézem a működést.

Energia tárolás régóta foglalkoztatja az ipart. Nagyobb energiasűrűség, alacsonyabb környezeti terhelés, hosszabb élettartam, nagyságrendekkel rövidebb töltési idő, nem tűzveszélyes, hatékonyabb gyártás, hogy csak néhányat említsek a rengeteg kritérium közül, ami akkumulátortechnológia-fejlesztő laborokat foglalkoztatja.

Régebben ólom akkumulátorokat használtak, de ezek műszaki paraméterei a nagy mennyiségű energia tárolásnál nem jönnek szóba. (kisütési ciklus kevesebb mint 200)

Bizonyos esetekben használnak Zselés akkumulátorokat, például szünetmentes egységekben, de az alacsony kisütési ciklus szám miatt (kevesebb mint 350) nem optimális a használata úgy, hogy naponta, vagy napon belül akár többször is mozgatjuk a tárolót. Ezeket a rendszereket csak szervertermek vagy egyéb kritikus fontosságú rendszerekhez használják, azért, hogy esetlegesen egy áramszünet esetén áthidaljanak bizonyos időszakot. Az áthidalás után a feltöltésük lassú, általában a töltési áramuk a névleges áramának a 7-9%- a lehet maximum.

A következő említhető szint lítium Ion akkumulátor, ezek már jobb hatásfokkal rendelkeznek, kisütési ciklusszámuk is elérheti az 1000-et.

Energia tárolókat egyre többen fejlesztenek, és amit jelenleg ipari tárolóban el lehet érni az napjainkban a legelterjedtebb a Lítiumvasfoszfát (LiFePo_4) tároló [12].

Az ilyen rendszernek már 3500-4000 közötti kisütési ciklus száma és jó hatásfoka van. Képes az általunk elvárt teljesítmény leadásra és gyors visszatöltésre.

A következő lépés az akkumulátor tárolásnál a nátrium alapú akkumulátor fejlesztése. Bár jelenleg is van ilyen technológia még nem kiforrott rendszer és a jelen állapotban még a lítium ion rendszerek szintjén van. A jövőben megjelenhetnek az egyéb polimer alapú tárolók, melyek képesek lesznek 10-12000 kisütési ciklusra, nem melegednek, nem tűzveszélyesek, de ezek kereskedelmi forgalomba hozatalának, becsült időpontja véleményem szerint 2030-utánra tehető.

Persze energiát tárolni nem csak akkumulátorban lehet tárolni, gondoljunk csak azokra a víztározókra, ami az óceánpart mellett épülnek a hegyekben, ahová a napenergiával megtermelt napközbeni energiatöbblettel felszivattyúzzák a vizet, majd a naplemente után egy vízi erőműn átengedve vissza eresztik a felpumpált vizet az óceánba, ezáltal termelve energiát.

4.1 A felépítési elv

Alap adatok: Azért, hogy egyszerű legyen követni az elvet, tegyük fel, hogy egy adott fogyasztó éves maximum fogyasztása kWh-ban megadva 543.000 kWh, 100 kW lekötött teljesítmény mellett. Napelem park teljesítmény 50kWp, visszawatt védelemmel. Bemeneti korlátozó 3x250A.

A fogyasztó működése, hétfőtől szombatig 2 műszak, reggel 6 és este 22 óra között. Vasárnap nincs munka. A dolgozók műszak után fürdenek, így jelentős melegvíz felhasználás van.

Kiindulás: Ahhoz, hogy mi, mint energiakereskedők a fogyasztást lássuk, az jelen esetben csak a késleltetett negyedórás adatok alapján lehetséges. Az első lépés ezek szerint, hogy rakunk egy ad-vesz mérőt a szolgáltatói óra után, ami valós időben mutatja nekünk az értékeket, mint feszültség, teljesítmény, teljesítmény tényező, áram, áramirány frekvencia stb. Itt meg kell említeni, hogy a szoftver elsődlegesen azért született meg, hogy a visszawatt védelemmel ellátottakat és a kereskedőket segítse, de mivel a fő hangsúly a kereskedőn van ezért, ha eléri, hogy az adott ügyfélnél ne legyen visszawatt védelem, akkor a mérlegkörbe azon a ponton belépő energiát is majd menedzselni kell. (A TDK dolgozat írásakor, már van olyan trafó körzet, amit feloldottak a betáplálási tilalom alól, így ott már lehetséges megszüntetni a visszawatt védelmet, és betáplálni a hálózatba. Ennek a jelentőségéről, még később lesz szó.)

Mivel a bementi korlátozó 3x250A, ezért a szolgáltatóhoz hasonlóan áramváltót használunk, jelen esetben 250/5A, 0,5s pontossági osztályba sorolt, hiteles egységet, és MID hitelesített mérőt, aminek van MODBUS csatlakozása, és képes minden mért adatot ezen a protokollon lekommunikálni.

A következő egység a tároló, mivel a lekötött maximális teljesítmény a példánkban 100 kW, ezért javasolt egy 100kW/225kWh teljesítményű lítium vasfoszfát (LiFePO4) egység beszerelése. Legyen rajta MODBUS kommunikáció és lehetőség szerint szárazkontaktus, ami

programozható, hogy milyen jelzésekre aktiválódjon. Azt említettem már hogy ennek a kisütési ciklusa 3500-4000 szám között van, így, ha napi átlagosan két -három alkalommal mozgatjuk a tárolót akkor megközelítőleg 6-7 év után következik be a kapacitásvesztés.

Indoklás a napi két alkalomra: március és október között mikor termel a napelem, akkor a napi egy az biztos, hogy bekövetkezik, valamint később látjuk hogy ha kereskedő is mozgatja akkor még kettő ciklus lesz. November és február között nem jellemző az, hogy sok a napsütés, így a termelt energiát nem kell eltárolni az el lesz használva, ott csak a hétvégi termelés esetén lehetne számolni a tárolóval, illetve a napi 1-2 kereskedői mozgatás.

Meglévő hardverként kezelem az ügyfélnél telepített HMKE napelem erőművet (50 kWp-t nem meg haladó teljesítményű napelem erőmű), aminek a termelésével foglalkoznunk kell. Szintén kritériumként említjük meg a MODBUS protokollon való kommunikációt az inverter felé. (ez fontos a visszaterhelésnél és a termelésszabályozásnál.)

Valamint, ha van kapcsolható fogyasztó, amit engednek vezérelni pl. vízmelegítő vagy egyéb időszakos fogyasztó azt is ide vehetjük.

Ahhoz, hogy a szoftver előre a helyszíni vezérlés szinten képes legyen gyorsan beavatkozni, mindenképpen kell egy cél hardver, ami nálunk nagyon egyedi egység, de ahhoz, hogy most egyszerűbb és a jobb legyen a bemutathatóság, legyen most ez egy PLC. Aminek a kritériuma annyi, hogy CODESYS-ben lehessen szabadon programozni, távolról elérni, és tudja lekezelni a terepi buszokat (Profi net, MODBUS, CAN (A CODESYS egy integrált fejlesztői környezet vezérlő alkalmazások programozásához az IEC 61131-3 nemzetközi ipari szabvány szerint.) A MODBUS rendszert a terepi mérők összekapcsolásához, míg a CAN busz rendszert a Tároló közvetlen eléréséhez használjuk.

A kapcsolatot VPN alagúton keresztül hozzuk létre, ehhez egyedi GSM adatátvitelt, vagy erre dedikált internet kapcsolatot létesítünk. (lásd hálózati kritériumok kliens oldalon)

Mivel szeretnénk a későbbiekben időjárásalapú vezérlést megvalósítani, azt csak úgy tudjuk, hogy érzékelőket helyezünk el. Minimum besugárzás mérőt és hőfok mérőt. Javasolt egy különálló porton online adat kapcsolat, hogy legyen egy csatlakozás egy meteorológiai adatbázissal. Komolyabb rendszerben komplex időjárás állomás, valamint lehetséges a LIDAR elven működő felhőmagasság mérő alkalmazása, ami a telepített napelem rendszer felett pásztázza az égboltot, és méri a Légköri aeroszol profilt, felhőalap magasságot, felhő átláthatóságot, aeroszol rétegmagasság, felhőborítottság, vertikális látástávolság, égbolt állapot.

4.2 Tervezett működési elv:

A bejövő adatokat elküldjük a VPN alagúton keresztül a kereskedő saját központjába (lásd szerver oldali kritériumok), az adatokat beleíratjuk az ott létrehozott adatbázisba és a kereskedői adatbázisból kapott adatok alapján, valamint a rendelkezésre álló kiegészítő adatok alapján, a visszaküldött adatok szerint beavatkozik a termelésbe, fogyasztásba.

A fejlesztés végén 1 karmester sok zenész, együttes pontos munkája adja ki a szimfóniát hasonlatot használva egy komplex megoldás lesz a rendszerből. Persze, kell arra készülni, hogy az esetleges online kapcsolat megszűnhet, így szükséges arra szabályt létrehozni egy „if” ággal mit kell csinálni a helyi egységnek egy ilyen esetben, valamint arra is, hogy mi az eljárás rend a kapcsolat visszaállása esetén.

4.3 Adatbázis Tervezés

Ahhoz, hogy el lehessen kezdeni a tervezést először nézzük meg a tervezés releváns szabályait:

Az adatbázis tervezése során ügyelni kell arra, hogy a struktúra megfelelően tükrözze az energetikai szektorban alkalmazott adatokat és az üzleti folyamatokat. Fontos az adatok normalizálása és az adatbázis relációs séma kialakítása [13].

Teljesítmény: Az energetikai adatok nagy mennyiségűek lesznek. Fontos a megfelelő indexek kialakítása és az adatbázis optimalizálása annak érdekében, hogy gyors lekérdezéseket és hatékony adatelérést biztosítsunk.

Adatbiztonság: Az energetikai területen adataink gyakran érzékenyek lehetnek. A megfelelő adatbiztonsági intézkedéseket, beleértve a hozzáférési jogosultságokat, az adatátviteli titkosítást és az adatintegritást, folyamatosan szem előtt kell tartani.

Rendszerintegráció: A rendszereink kapcsolódni fognak más szoftverekhez és eszközökhöz. A tervezés során figyelembe kell vennem az esetleges rendszerintegrációkat.

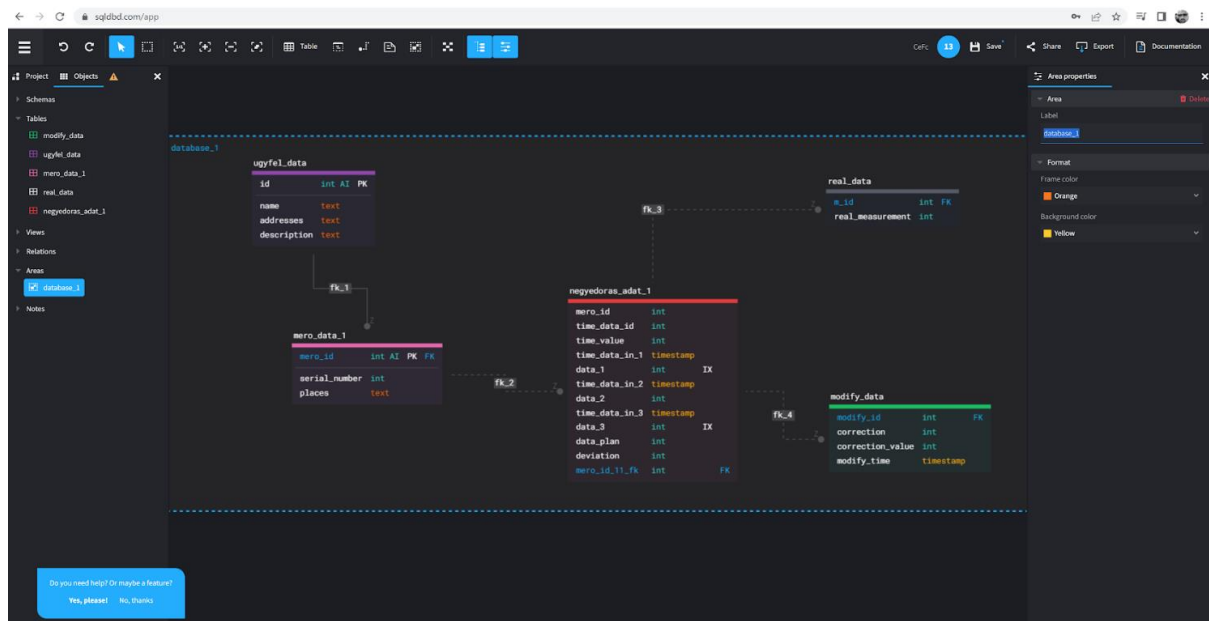
Időbélyegzett Adatok: Itt nagyon fontos az időbélyegzett adatok nyomon követése és elemzése. Nagyon sok ponton fontos időbélyegző mezőket létrehozni, hogy könnyebbé tegye az időszakos elemzéseket és jelentéseket.

Adatok Nyomkövetése: Az adat létrehozása, módosítása és törlése kritikus fontosságú, ezért nagyon fontos ezen adatok naplózása, és nyomon követése.

Felhőalapú Megoldások: Bár a publikus felhő szolgáltatók ilyen esetben nem megengedettek, egy saját biztonságos privátfelhőbe mindenképpen szükséges tükrözni az adatokat.

Adatbázis Karbantarthatóság: Azt gondolom egy ilyen rendszernél kritikus fontosságú a karbantartás, és a rendszer fejlesztésének dokumentálása.

Az adatbázist a fentiek figyelembevételével álltam neki megtervezni. Bár sokan már építenék az adatbázist, én a tervezés mellett döntöttem, mert a folyamat elején szinte napról napra változott meg a struktúra felépítése, ahogy újra meg újra végig gondoltam a rendszert és a funkciókat. Adatbázis tervezésre az SQLDBM és SQLDBD vizuális szoftvereket használtam. (lásd 6-os ábra) Ezek a szoftverek online adatbázis modellező eszközök, amelyek lehetővé teszik a komplex adatbázis architektúra tervezését és vizualizálását. Képesek különböző SQL adatbázisokhoz csatlakozni, hogy új adatbázisokat hozzon létre (előre irányuló tervezés) vagy meglévő adatbázisokat elemezzen (visszafelé irányuló tervezés). Ezekben megtervezett adatbázisokat ki tudjuk exportálni egy SQL fájlba, amit egy szerveren futtatva létrehozza a megtervezett struktúrát.)



6. ábra: Kezdeti tervezési állapot SQLDBD (készítette: a szerző)

Ahhoz, hogy lássuk milyen adatok kellenek, meg kell fogalmazni mit akarok:

Mivel a szoftver azt figyeli, hogy egy adott fogyasztás/energia közösség felhasználása hogyan optimalizálható a megújuló energiával, az egyéb energiaforrásokkal, és a tárolóval. Mérni kell a résztvevő oldalon a termelt energiát, a tárolóban lévő, illetve a ki- és betárolt energiát, valamint a termelő, azaz a forrásoldali energiát (a napelem, a hőerőmű, a szélturbina, a biogáz erőmű) és természetesen a normál hálózatot is. A példában csak naperőmű van, tehát csak azt fogom adatokkal feltölteni, de mivel az adatbázisnak minden eshetőségre ki kell terjednie, így nem csak egy termelő egységnek a tábláját veszem bele.

Ezek alapján mit akarok belerakni az adatbázisba:

Azonosító: felhasználói adatok, a kereskedői azonosítók

Felhasználási helyek: felhasználási azonosító, POD adatok, a mérő adatok és az ahhoz tartozó értékek. Számlázó program ID kapcsolat (ezt azért veszem külön, mert egy felhasználónak lehet több fogyasztási helye).

Mérő adatok hálózat: Mérő gyári száma, mért adat fogyasztás. Mért adat feszültség. Mért adat frekvencia, induktív és kapacitív teljesítmény, teljesítménytényező, áram irány természetesen minden időbélyeggel.

Tároló adatok: egység azonosító száma, mért adat betárolási mennyiség kWh. Betárolási teljesítmény kW. Kitárolási mennyiség kWh. Kitárolási teljesítmény kW. Töltöttségi szint, cellahőfok, rendszer hőfok, környezeti hőfok természetesen minden időbélyeggel, utolsó CAN bus parancs

Solar adatok: Inverter típus, teljesítmény, telepített mennyiség, aktuális teljesítmény, MODBUS vezérlési állapot.

Fogyasztási adatok: tervezett, valós, menetrendezett, korrigált menetrendezett adatok, kiegyensúlyozási adatok.

Későbbi részekben lesz szó a következő táblákról is:

Időjárás adatok: helyszínen mért adat, besugárzás, hőfok, légmozgás.

Előre jelzett időjárás adatok: geoinformáció alapú, hőfok, várható időjárás 1-12 óra időtartamban.

Korrigált adatok: Az előre jelzett és a valósan mért adattal korrigált értékek.

Termelhető teljesítmény adatok: Normál eseti termelés, besugárzás-hőfok viszonylatában a termelés.

Itt egyszer meg is álltam a tervezéssel mert, bár átgondolt rendszert akartam, nagyon sok olyan gondolat jön, ami az adatbázist mind érinti. A példa a rendszer elsődleges modellezéséhez kiindulásnak elégségesnek véltem.

4.4 A hardver felépítés

Azt korábban már írtam, hogy a helyi adatok a könnyebb megértés miatt jelen esetben PLC-n kerülnek feldolgozásra és továbbításra kerül az adatbázisba. Az is említésre került, hogy a publikus felhőszolgáltatás adatvédelmi okokból nem kerül szóba. Így az általam elképzelt séma az alábbiakban kerül kifejtésre.

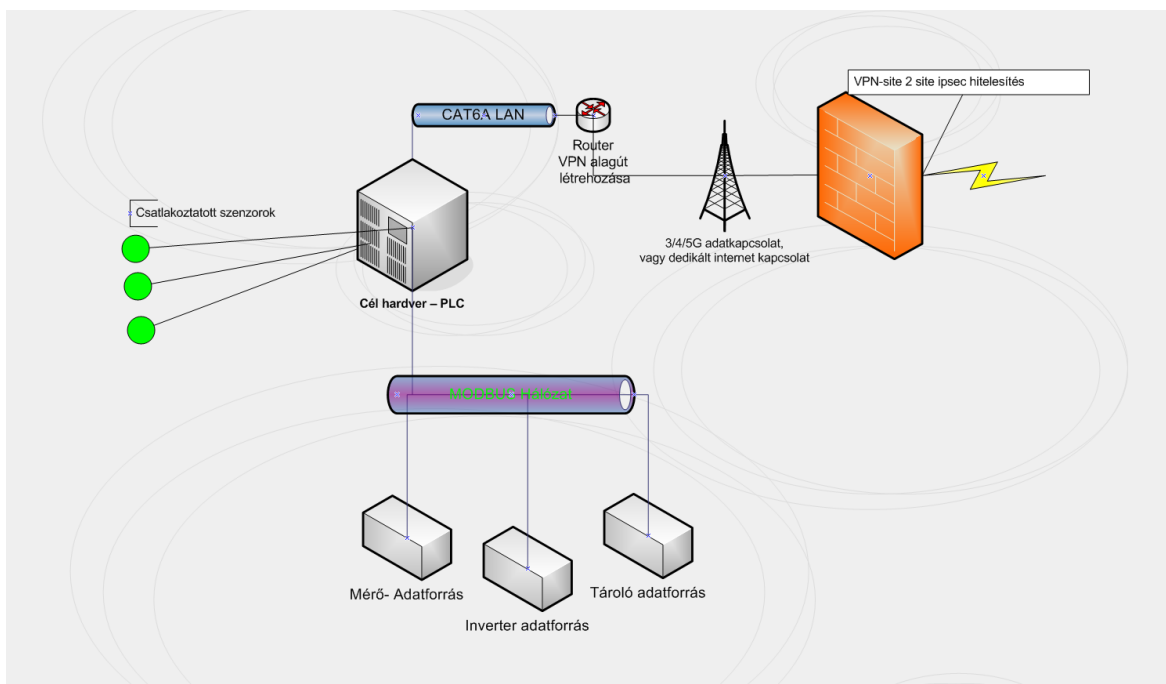
4.4.1 A szerver oldal

Adatbázis szerver: redundáns adattárolással, RAID, HOTSWAP lemezekkel, és gyorsítótárral a sok beérkező adat miatt.

Alkalmazás szerver: ezen a szerveren generálódnak le a függvények, ez írja és olvassa az adatbázist, ez a szerver végzi a lényegi munkát.

Web szerver: ami már csak a megjelenítésekért felel. Minden szerver duplikálva kerül telepítésre azért, hogy a redundáns felépítés teljesüljön. Továbbá szükséges 1 db NAS, ami csak az aktuális kliens verziót ellenőrzi és ha kell, akkor automatikusan frissíti. Valamint 2 db különálló NAS storage a biztonsági másolatok miatt.

Hálózati feltétel: Több VPN alagutat felépíteni képes redundáns aktív eszköz, legalább 2x2 WAN redundáns kapcsolat, amiből legalább 1 mikro és/vagy GSM alapú. A szerverek több LAN csatlakozással, hogy dedikált kapcsolaton legyenek képesek lekommunikálni az adatokat egymás között. Biztonsági mentésnek különálló helyen dedikált kapcsolat kialakítása. Más LAN portot használ a bejövő kapcsolatok kezelésére, mást a küldésre, mást az alkalmazás szerverhez és mást a biztonsági mentésekre. A felépítése a 7. ábrán látható.



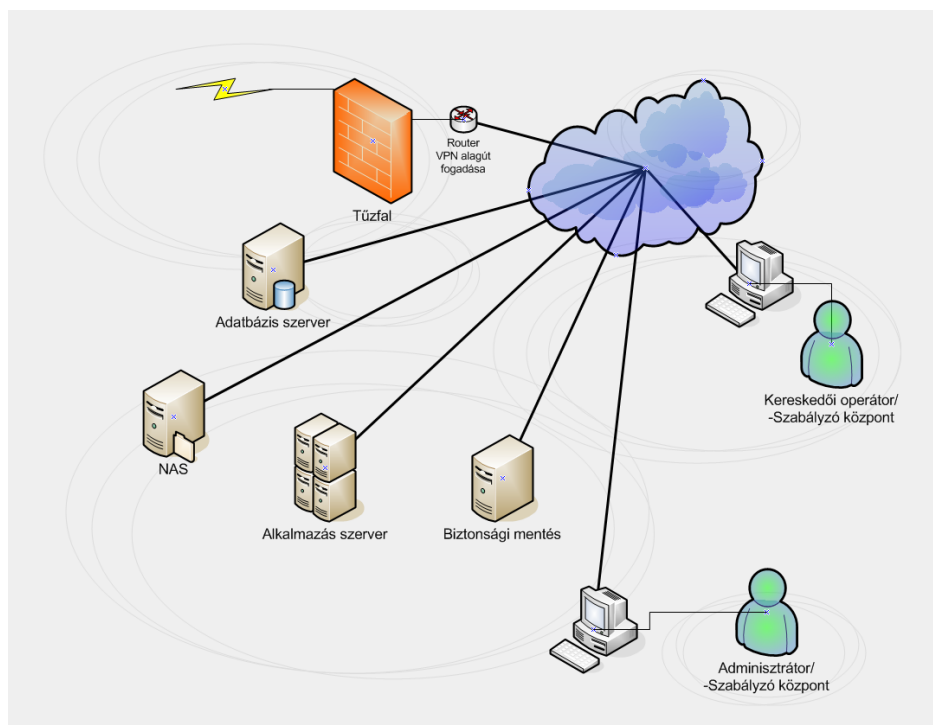
7. ábra: Egy bekapcsolt ügyfél informatikai csatlakozásának elvi felépítését látjuk. (készítette: a szerző)

4.4.2 Kliens oldal

A feldolgozó egység: (jelen esetben PLC), erre kapcsolódnak a szenzorok, az adatgyűjtők a MODBUS hálózaton, és az aktív egységek, mint az energia tároló, szolár inverter, kapcsolható fogyasztó. Az egység meghatározásánál már jeleztem, hogy képes legyen a CAN bus kommunikációra is, erre azért van szükség, mert közvetlenül tud adatot venni a BMS-rendszerből, vagy az esetleges DC/DC konverterből, így a cellainformációkról, tároló állapotról.

Hálózati feltételek: Lehetőleg dedikált internet vonal, vagy egyedi GSM 3G/4G/5G adatkapcsolat, VPN csatlakozásra képes eszköz. A felépítése a 8. ábrán látható:

Mivel a szoftvernek a fejlesztés végén elég flexibilisnek és modulárisnak kell lennie, ezért a szabályozást kezdtem kidolgozni.



8. ábra: A szerveroldali elképzelt felépítés. (készítette: a szerző)

4.5 A szabályozás

Azt már a fejezet elején írtam, hogy a helyi célhardver – jelen esetben PLC összeszedi, és rögzíti az adatforrásból érkező adatokat majd azt elküldi egy titkosított VPN kapcsolaton a kereskedői oldalra az adatbázisszerverre. Ott az alkalmazás szerver kiveszi az adatokat elvégzi a műveleteket majd egy adott táblába visszaírja, amit a VPN alagút használatával visszajuttatunk a PLC-hez, ami a megfelelő MODBUS címre egy adott regiszterre továbbítja, ami alapján az adott adatforrás szabályozza magát. Ennek a kommunikációnak a folyamatát a 9. ábrán szemléltetem.

számolásnak végrehajtódnia, ha nincs kapcsolat valami oknál fogva, hisz a szabályozás akkor sem állhat meg. Abban az esetben, ha visszajön a kapcsolat az összes szabályozott paramétert elküldi a szervernek, és az a következő adatküldésnél figyelembe veszi az „offline” adatokat. Ezt CODESYS-ben le lehet programozni, és helyi adattárolóra kimenteni.

Most maradjunk az online kapcsolatnál.

A szoftver jelen állapotban üres adatbázissal kezd dolgozni az adott ügyfélnél. Mivel a kiinduló adatokat a rendszer majd ciklusról ciklusra felülírja, „tanulja” ezért innen indul az elv.

Tehát a kiindulási alap a 3 perc. Ha a 3 perc alatt a mért adat kevesebb, mint a tervezett menetrend 20%-a akkor megkezdem tölteni a tárolót. A következő mintavételnél, ami kb. a 7-8 percben történik meg szintén mérem az adott ciklus hálózatról vett értékét és az arányosított menetrend adat 60%-ával vetem össze az eredményt. Ha most több lenne a fogyasztás, mint a menetrendi részérték akkor kitárolom, a tárolóból az energiát. Az utolsó mintavétel 12 percnél történik, szintén részadatok alapján. Hasonlítom a menetrendezett adatokhoz és a leírt kétpélda egyikével szabályozom a ciklus utolsó 3 percét.

Felmerül a kérdés, hogy mi lesz akkor, ha a ciklus közepénél elfogy a menetrendezett mennyiség. Akkor csak kitárol a rendszer, és itt lép be a mintapéldánkban feltüntetett napelemes HMKE park termelési mennyisége. Abból az energiából is csökkenthetjük a hálózatról vett áramot, illetve a többletet el tudjuk tárolni. Ilyenkor már a menetrendezés is figyelembe veszi a HMKE termelését alaptól, igaz a nagy általánosság alapján. Erre van több nyilvánosan elérhető szoftver, ami geodata és tájolás, valamint paneltípus alapján kiszámolja az adott erőmű várható termelési mennyiségét havi lebontásban.

Ahhoz, hogy ezt szemléltessem a mindenki által elérhető: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html oldalon kikaluláltam egy elméletben Siófokon telepített déli tájolású, optimális dőlésszögű 50kWp teljesítményű rendszer termelési adatait, melyet a 10. és 11. ábrán szemléltetek [14].

Cursor:
 Selected: 46.911, 18.049
 Elevation (m): 109
 PVGIS ver: 5.2

Use terrain shadows:
☒ Calculated horizon
☐ Upload horizon file
[Fájl kiválasztása](#) | [Nincs fájl kiválasztva](#)
[Switch to version 5.1](#)

PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV

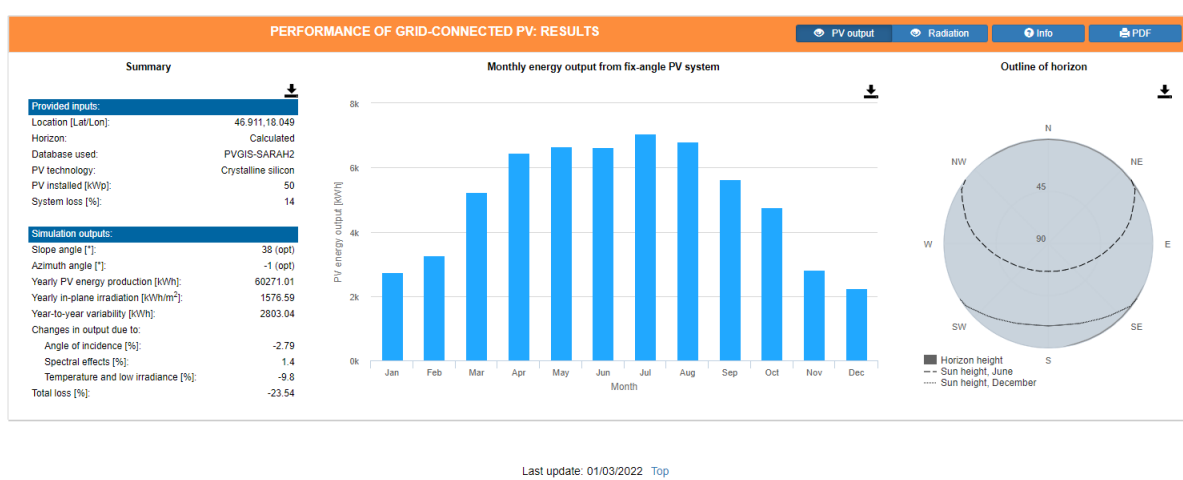
Solar radiation database*: PVGIS-SARAH2
PV technology*: Crystalline silicon
Installed peak PV power [kWp]*: 50
System loss [%]*: 14

Fixed mounting options
Mounting position*: Roof added / Building integrated
☐ Optimize slope
☒ Optimize slope and azimuth

☐ **PV electricity price**
 PV system cost (your currency):
 Interest [%/year]:
 Lifetime [years]:

[Visualize results](#) | [csv](#) | [json](#)

10. ábra: Az adatok megadása. Forrás: [14]



11. ábra: A kalkulált eredmény Forrás: [14]

4.5.1 A számolás

Az eddig leírtakból megalkottam az első kezdetleges leíró képletet, ami alapján számoljon az alkalmazás.

Kompenzálás = K ha mínusz akkor kitárol, ha plusz akkor tölt;

Fogyasztási adat mintavétel = v;

Mért adat = M;

Menetrendezett adat = m;

$K1 = v1 - 0,2m$

$$K2 = v2-0,6m$$

$$K3 = v3-0,8m$$

Azt látjuk, hogy ez csak a rész ciklus belső számolását oldja meg nem pedig a komplett ciklus fogyasztását veszi alapul. Ne felejtsük el 1 ciklus 15 perc.

Ahhoz, hogy az meglegyen minden mintavételnél az előző fogyasztási adatot hozzá kell adnunk, így az alábbiak szerint módosítottam:

$$K1 = v1-0,2m$$

$$K2 = (v1+v2)-0,6m$$

$$K3 = (v1+v2+v3)-0,8m$$

Így már elértük, ha a ciklus felénél nagyobb a fogyasztás, mint a ciklusra jellemző adat vagy az arányosított adat akkor már nem enged a hálózatról tölteni.

Azaz, ha $v1+v2$ összege meghaladja az arányosított m értéket akkor a tároló kitárol, ha pedig a $v1+v2+v3$ érték elmarad az m érték 80%-tól akkor a tároló nekiáll tölteni magát.

Ahhoz, hogy ezeket a képleteket finomítsuk, illetve a vezérlést létrehozzuk ott még foglalkoznunk kell azzal, hogy a 2 forrást, ha szükséges keverjük.

Például, ha az utolsó ciklusban van még a hálózati áramból, de nincs a napelem, és van töltöttség a tárolóban akkor csak annyit vegyen a hálózatról, ami a határig kell és csak a maradékot kell vennie a tárolóból, azaz keveri az áramot „Energia mix” [15].

Esetünkben például kell az utolsó 12- és 15 percben 17 kWh de a menetrendi mennyiségből már csak 3 kWh van a határig akkor a 14kWh-t a tárolóból és a 3kWh-t a hálózatból veszi. Ezeket a finomító képletet mindig az utolsó egy két lépcsőnek rakjuk be. Természetesen ennél jóval több és komplikáltabb, valamint bonyolultabb egyenletrendszeres számításokat csinál a szoftver már, de ezek voltak a kezdeti lépések.

Tudjuk azt, hogy mekkora a lekötött teljesítmény. Így, ha a mért adat alapján túllépjük, és a tárolóval kiszolgáljuk a nagy áramot, akkor a csúcsokat (peak) is le tudjuk törni (peak saving).

Így, hogy az elsődleges alap megvan, azt kell meghatározni milyen teljesítménnyel tegyük mindezt. A kitárolás az egyértelmű hisz a fogyasztásnak megfelelően tárolunk ki, és mivel visszawatt védelmünk van, nem folyhat vissza az áram a szolgáltató felé. A töltésnél más a

megoldás. Hiszen, ha a példánkat vesszük figyelembe akkor a tároló maximum teljesítménye 100kW. Azaz maximum 100kW teljesítményt tud leadni/felvenni. 100kW teljesítmény 1 óra alatt 100kWh. (Most hagyjuk figyelmen kívül a ki és betárolási és az esetleges disszipációs veszteséget, valamint a tároló utolsó 15%-nak töltését mert ott más a karakterisztika.)

Ezt az értéket osszuk el négygyel akkor megkapjuk, hogy 15 perces időközben maximum 25kWh-t tud kiegyensúlyozni a hálózatból. Igaz ez akkor, ha csak ez az egység van a hálózatban, esetleg éjszaka, vagy olyan napokon mikor a napelem nem vagy minimálisan termel. Van akkor még egy kompenzációs lehetőségünk ez pedig az, hogy ha van olyan fogyasztó, amit akkor tudunk be- és lekapcsolni, amikor nekünk fogyasztás szinten megfelelő [16]. Mi lehet ilyen, például egy elektromos kiegészítő fűtés a melegvítárolóban (20kW).

Ne felejtsük el, hogy ez maximum 5kWh-t szabályoz. Persze ez kis mértékű finomhangolása a fogyasztás befolyásolásnak, de éves szinten jelentős költségmegtakarításnak az alapja és mivel az árazásnál a megtérülési idő is fontos, ez is egy tényező. Továbbá, az elején írtam, hogy vasárnap nincs munka, így a vasárnapi napelem termelést első körben a töltésre a délutáni időszakban pedig a melegvíz készítésre lehet használni. A vasárnapi és az éjszakai mentrendet nagyon jól lehet modellezni a fogyasztók alapján, illetve az előzetes fogyasztásokból, és itt fogalmazódik meg első körben bennem a gépi tanulás és a komplexebb számítások beépítése a rendszerbe.

Gondolok itt arra, hogy a munkán kívüli időszak fogyasztási adatok megtanulása, és előre jelzése. Egy nem működő gyárban a hétvégén és éjszaka statikus fogyasztók működnek. Ha azt tudjuk, hogy például minden hétfő éjjel hajnali 1 és kettő között a $\frac{1}{4}$ órás fogyasztás 16 kWh-volt és ez 4 alkalommal az alábbi értékeket adja 16; 15,5; 16,7; 17 kWh, akkor a gépi tanulás elvén, de akár átlagolással, a középértéket az új adatokkal módosítva képes ebből az adatsorból megmondani azt, hogy mi lesz várhatóan a következő hétfői azonos időciklusban a fogyasztás [17]. Ha tovább gondoljuk akkor elérjük azt, hogy a menetrendet nem a kereskedői operátor írja, hanem az előre jelzett értéket visszaírjuk a menetrenező rendszerbe, így nagyon kevés eltérés lesz, ami lesz azt pedig képes lekezelni a rendszer, valamint a tárolást jobban tudjuk másra használni (azt, hogy mire azt később kifejtem). A gépi tanulás elvét vagy az előbbieken leírt átlagolást, használhatjuk az adatbázis finomítására is [18].

Tehát az alap kiindulás megvan. Tudjuk, hogy milyen elv alapján mozgatjuk a tárolót szabályozzuk a napelemet, és esetlegesen kapcsolunk fogyasztót. A jelenben már képesek vagyunk szabályozni.

4.5.2 A következő szint

Mit teszünk akkor, ha a menetrendi értékek nagyon elütnek a valóságtól? Például az operátor egy rossz séma alapján menetrendez, hiszen akkor a tároló fizikai korlátai nem engedik ezt a fajta kiegyensúlyozást. Valamint, ha egy termelő esetünkben a napelem kiesik a rendszerből.

Ne felejtjük el, hogy egy rendszerben nem csak napelem lehet, hanem gázmotor, szélenergia, hidrogén vagy metanol cella, extrém esetben akár aggregátor is.

A következő lépés, hogy valahogyan megtudjuk mondani a rendszernek, hogy a következő időszakban milyen áramtermelő egységre milyen mértékben számolhat. Ugye az aggregátor, az egyéb üzemanyagcellák működésének befolyásolása elég egyszerű, ha van üzemanyag akkor működik, és ennek utánpótlása humán erőforrás igénye, valamint költség kérdése, és kisebb az idő és a vezérlés igénye. De egy szélerőmű, egy napelem termelési kapacitásának az előrejelzése egy komplexebb megoldást igényel. A dolgozatom elején említettem az időjárás függő vezérlést, és hogy ahhoz mi a minimum követelmény. Azt tudjuk csinálni, hogy egy besugárzásmérővel felszereljük a napelem farmot, és a mért adatokból le tudjuk képezni, hogy egy adott besugárzásnál milyen termelt energiamennyiséggel számolhatunk. Javasolt kiegészíteni egy hőmérséklet jeladóval hiszen a hatékonyságot a panelek hőmérséklete befolyásolja.

Ez egy megoldásnak jó, de ez még mindig csak az aktuális számításokba lehet bevenni tényezőnek, úgy ahogy a felhőpásztázót is, mivel meg tudom az alapján mondani, meddig tart az adott besugárzás. Egy szélesebb mérő felhelyezése is adhat ide információt, hiszen a felhőzet mozgásának sebessége függ a légáramlattól (még ha nem is a felszíni légáramlattól), valamint a solarpanel hatékonysága függ a panelek hőfokától és a légmozgás sebességétől függ a panelek hőfoka is. De ezen tényezők mind az aktuális, illetve maximum a következő 1-5 mintavételi pontot befolyásoló tényezők.

Ahhoz, hogy tudjunk előre jelezni, szükséges egy nagy meteorológiai adatbázis ami képes előre jelezni geodata alapján a várható időjárást (akár a következő 1-5 óra, valamint a következő

1-5 napban). Ebből van ingyenes kevésbé pontos, de vannak előfizetési rendszerek, amik nagy pontossággal dolgoznak.

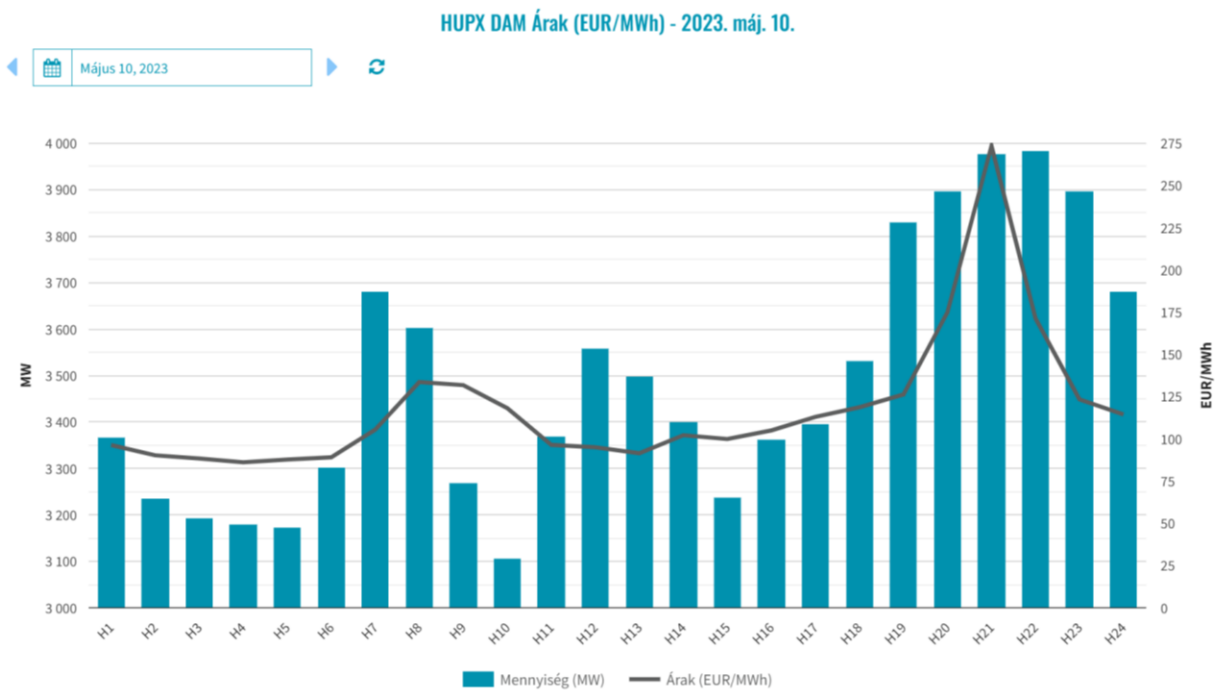
Ha ezek megvannak elérjük azt, hogy a saját termelő egységeinkből a napelem és ha lenne szélturbina akkor annak a termelését előre tudjuk kalkulálni és a rendelkezésre álló műszerekkel finom hangolni tudjuk. Emlékezzünk mennyire nagy szó volt, hogy a gépi tanulással a nem működő gyárban előre vetíthettünk adatot a várható fogyasztásra és azt visszaírtuk a menetrendező rendszerbe, hogy pontos legyen a menetrendezés. Itt most már elérjük azt, hogy a termelő kapacitásunkat is előre tudjuk jelezni, és azt a meglévő eddigi fogyasztási ciklusokra vetítve úgy tudjuk a menetrendet alakítani, hogy a termelt energiának a 80%-val csökkentjük a hálózati menetrendet, mert akkor jobban tudunk kiegyensúlyozni.

Itt visszaléphetünk az adatbázis tervezésre, ahol megálltunk: kell olyan tábla, ami az adott időpont összes aktuális időjárás jellemzőit adja meg, illetve a gépi tanulás itt is előjön hiszen ezen adatokból, mint írtam, képesek vagyunk 1-5 ciklusig előre jelezni. Tehát egy külön táblába kiíratnám az előre jelzést a ciklusokra. Ha az előre jelzett adatokat egy következő táblába írjuk akkor egy összegző táblába beleírhatjuk az előre jelzett érték valós méréseken alapult korrigált adatait, amivel már tudunk tovább számolni. Ha elég sok adat van (évek), akkor képesek leszünk a minták alapján már egy adott adatsorból megmondani a következő napot. Döntési fa elmélet, vagy Lineáris regresszió használatával, de lehet a következő lépcső, például a tensor Flow modell.

Eljutottunk addig, hogy az energia kiegyensúlyozás már közelít a pontos értékhez és számoljuk a termelést, mérjük a valós termelést, mérjük a fogyasztást, a hálózatról vett energiát. Szabályozzuk a fogyasztás egy részét, képesek vagyunk a csúcs fogyasztásokat letörni, a tárolóval.

Eddig a pontig a kereskedő még csak annyiból profitált, hogy nem kell neki a kiegyensúlyozási energiával foglalkoznia, valamint pontosan tervezhető a fogyasztása az ügyfélnek, mivel a visszawatt védelemhez jobban ki van maximalizálva a termelő egység (napelem). Bár, már ez is jelentős költségmegtakarítás, de ez így a kereskedőnek nem eléggé vonzó még a jelen állapotban. A kereskedőnek plusz bevételi forrást jelenthet a fixen adott energia ár és a HUPX-en lévő energia tőzsdei ár. Ahhoz, hogy lássuk ez miért fontos, nézzük meg hogyan alakul ki az áramár. A szerződő fix áron vásárol a kereskedőtől például 180EUR/MWh áron. Amikor a szerződés létrejön ezt a kereskedő lefedezi. Tegyük fel, hogy

neki az ajánlatnál úgy jött ki az ár, hogy megvette a tőzsdén, + haszon, és rendelkezésére áll. A másik megoldás lehet, hogy amikor kiszámíthatóbb az energia piac akkor mindig napon belüli kereskedésben lekereskedni az adott napon az adott menetrendezésen belüli mennyiséget, illetve a következő napot. Így lehetséges, hogy ő bizonyos időszakban nagyon olcsón, egyes időszakokban pedig a kiajánlott árnál esetleg drágábban vásárolja meg azt az áramot amit ő fix áron elad. Hiszen MWh-ként 100-150 EUR nagyságrendű lehet a különbség egy napon belül. Ezek alapján is tudja mozgatni a tárolót. Az alábbi ábra egy adott kereskedési nap áramárait mutatja be.



12. ábra: Áram árak alakulása az adott napon forrás: HUPXDAM

Azt látjuk, hogy ha nagyon olcsó az áram a 12. ábrán 05:00 kor és arra feltehetően már üres a tároló, akkor betárolja az energiát majd eladja a fogyasztónak a kitárolásnál a reggeli órákban ábra szerint jó megoldás reggel 7:00-kor (a példánkban 06:00 kor kezdődik a munka). Így a reggeli drágább ár differenciát nem a kereskedő kockáztatja.

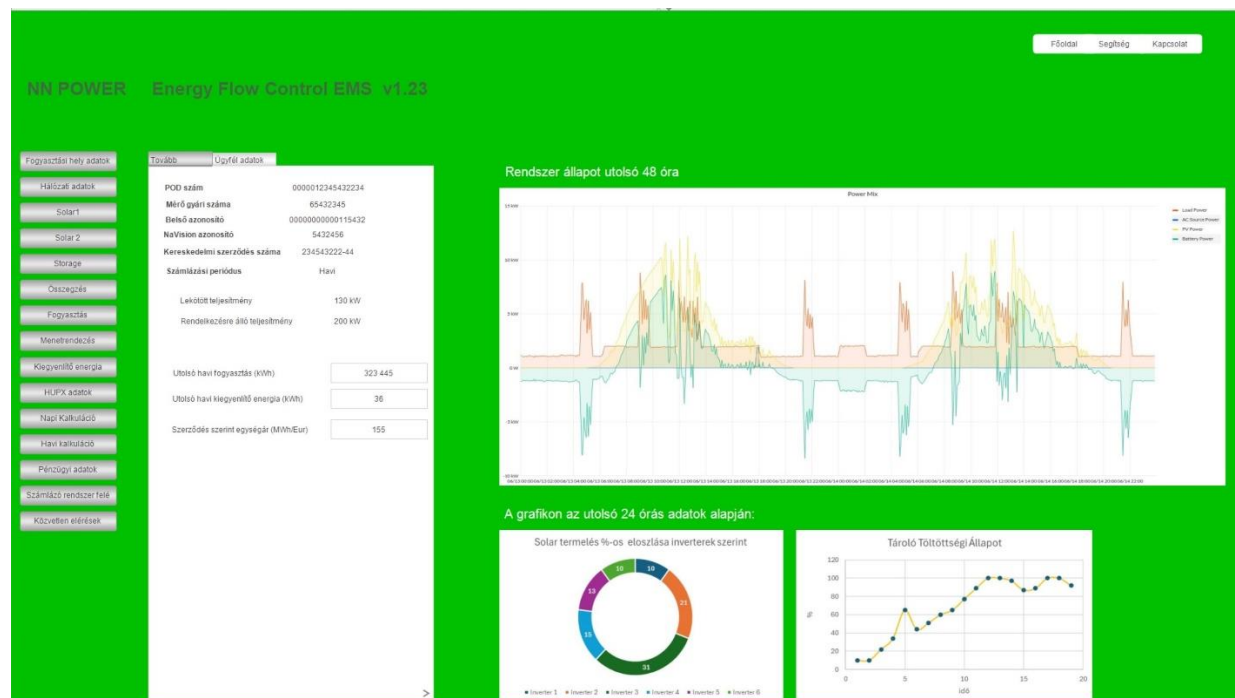
Az elmúlt időszakban volt példa, hogy amikor az áram ára, a háború miatt megugrott, mindenki nagyon nagy veszteséget könyvelt el, hiszen az *átlagár + haszon = fix ár* nem takarta

a valós beszerzési árak töredék részét sem. Egy ilyen megoldás egy ilyen krízis helyzetben tompítja a veszteséget, nyugalmi időszakban növeli a nyereséget.

Tehát a betárolási ütemet a HUPX valós adatokon alapuló API-ján keresztül beültethetjük az adatbázisba, az algoritmusba beillesztjük azokat a határértékeket mikor kell be, illetve ki tárolni és akkor a tárolót már nem csak a fogyasztói igény alapján tudjuk működtetni.

Az adatbázisba így bekerül akkor még egy adattábla HUPX intra day, és Next day információk. Tegyük fel naponta csak kétszer töltjük meg ezen információk alapján a tárolót, akkor $2 \times 225 \text{ kWh} = 445 \text{ kWh}$ /napenergia az 365 napon keresztül $162,5 \text{ MWh}$ energia, aminek a teljes árkülönbözete a kereskedőnél tud maradni. Majd egy esetleges megtérülési számításnál ez is egy fontos tényező hisz eddig a megtakarított költség a kiegyensúlyozási energia elmaradása és az árkülönbözet adja a kereskedő szemszögéből míg a fogyasztónál a csökkent energia költség és a termelő rendszer magasabb kihasználása fogja adni- ez által a szoftver árazása is magasabb tud lenni, hisz módosítja a megtakarítási számokat.

Látjuk, hogy az adatbázisunk felépítése folyamatosan változik, nagyon sok kapcsolt adattal és még mindig csak egy modult vizsgálunk az ipari fogyasztót visszawatt védelemmel.



13. ábra: Az összegző képernyő: adatok, egy esős hétvégéről.

A fenti képernyőképen pedig bemutatom a szoftver összegző képernyőjét. lásd 13.ábra.

Az összegző képernyő felépítése: Baloldal operátori menü, Összegző oldal, ügyféladatok, rendszerállapot utolsó 48 óra, egy esős hétvégéről, Grafikon az utolsó 24 órából: a termelés összetétele inverter szám alapján, tároló

4.6 Fejlesztői implementációk

Az az eddigiekben kiderült, hogy az alkalmazás fejlesztése során sok kritikus döntést kell meghoznunk továbbá implementációs részleteket kell kidolgoznunk azért, hogy az elvárt funkcionalitás megvalósuljon. Itt bemutatom azokat az implementációs lépéseket, módszereket és eszközöket, amelyeket alkalmaztam a szoftver fejlesztése során.

Az implementáció során kiemelten fontos volt a program architektúrájának és tervezésének megfelelő kialakítása, hogy a kód könnyen karbantartható legyen és skálázható maradjon a jövőbeli fejlesztésekhez és bővítésekhez. Emellett figyelembe vettem az alkalmazás teljesítményét, biztonságát és felhasználói élményét is az implementációs döntések során.

Bemutatom a fejlesztésének legfontosabb aspektusait, beleértve az alkalmazott technológiákat, keretrendszereket, adatbázis-kezelést, felhasználói felületet és egyéb fejlesztési eszközöket. Ezenkívül áttekintést adok az alkalmazás különböző funkcionális és nem-funkcionális követelményeinek megvalósításáról, valamint a felmerülő kihívásokról és az azokra adott válaszokról.

A Fejlesztői Implementációk rész célja, hogy betekintést nyújtson az alkalmazás fejlesztési folyamatába és technikai részleteibe, hogy a fejlesztők és érdekeltek teljes körű megértést kapjanak az alkalmazás működéséről és szerkezetéről.

Technológiai stack: A helyi adatok CODESYS 3.5-ben lettek fejlesztve. Az adatok az adatbázisba MQTT protokollon VPN alagútban lettek küldve. A fogadó oldalon az adatbázis szerver egy MYSQL szerver, valamint az alkalmazás szerveren Python, React és Node.js, A frontend oldalon Python, és Java lett használva.

Architektúra:

Adatbázis és adatelérés: Az adatok tárolására a kereskedői hálózatban telepített szerveren MySQL adatbázist használunk, és az adatelérés ORM (Object-Relational Mapping) segítségével történik, ami egy módszer az adatok objektumokként történő tárolására az adatbázisban. Ennek használatával könnyebbé válik az adatok kezelése az alkalmazásban, mivel az objektumorientált programozási paradigma használatát teszi lehetővé az adatbázis műveleteinek végrehajtása során. (Node.js, Sequelize könyvtár)

Felhasználói interfész: A felhasználói felület HTML, CSS és JavaScript, Chart.js segítségével készült, és a Bootstrap keretrendszert alkalmaztam a responszív dizájn eléréséhez. Bár tervezem a mobilapplikációt is, igaz nem telefonra, hanem tábla gépre, a szerviz adatok miatt. A szerviz modul fejlesztése a tábla gépre Swift és React Native felületen lesz fejlesztve.

Biztonság: Az alkalmazásban OAuth 2.0-alapú (hozzáférési token) felhasználói hitelesítést alkalmazok, és a jelszavak titkosítva tárolódnak az adatbázisban BCrypt segítségével, ami egy kriptográfiai függvény, amelyet jelszavak hashelésére használnak. A BCrypt képes szózni, azaz idegen karaktereket generálni és hozzáadni a jelszavakhoz még hashelés előtt. Így elérjük, hogy akár két felhasználó ugyanazon jelszava más-más hash érték lesz. Valamint, azt gondolom a 2-lépcsős (2FA) hitelesítés is szükséges lesz egy ilyen rendszerhez.

Teljesítmény és skálázhatóság: Mint az árazásnál kifejtettem, moduláris rendszerre törekszem mert többféle felhasználási környezetre is ráültethető a szoftver.

Dokumentáció és kommentek: Az elsődleges tervek, és a Projekt Alapító Dokumentum elkészülte után rengeteget változott a szoftver. A forráskódot a lehető legmagasabb szinten dokumentáltam, és minden függvény és modul részletes kommentekkel van ellátva a könnyebb karbantarthatóság és megértés érdekében. Valamint azért is mert több belépési pont lehet a modulok összekapcsolásánál, adatbázisok használatánál, visszaírásánál. A rendszer alap forráskódja részekre darabolva több külföldi szerveren lett elhelyezve.

4.7 Összegzés

A felépítésben és a működési elvben végig vettük a tárolókat, azt, hogy a mintapéldán keresztül a szoftver hogyan valósítja meg a rendszer monitorozását, a tároló mozgását, miként oldja meg a menetrendezést. Megnéztük, hogy hogyan avatkozik bele a menetrendezésbe, és hogyan korrigálja a valós adatok alapján a termelést és az esetleges fogyasztást. Miként veszi

figyelembe az időjárás adatokat, építi be a rendszerbe, adja hozzá a valós mért adatokat és ezen adatok által hogyan alakítja az energiamenedzsmentet. Kitértünk arra, hogy tud az energiakereskedő egy telepített tárolóval profitot szerezni abban az esetben ha a felhasználó esetlegesen nem használja azt.

A szoftver képes a teljes energiamenedzsmentet megvalósítani az ügyfeleknél, kiaknázni a lehető legtöbb lehetőséget a megújuló energia, a tárolás és a szabályozott fogyasztás tekintetében, ez mellett valós adatot szolgál a kereskedőnek az energia adatokról ügyfél szinten. A kereskedő képes kiaknázni a napi árampiaci lehetőséget, képes egy speciális mérlegkörbe rakni azokat az ügyfeleket, ahol a szoftvert alkalmazza, ezáltal egy nagyon pontosan, és automatikusan menetrendezhető és minimális kiegyenlítő energiát felhasználó mérlegkört megalkotni. A fejlesztésekkel már komplett mérlegköröket, energiaközösségeket lekezelni.

A tesztrendszer elemzése és a megtakarítási számítások alapján egy a példában említett ügyfélnél mindkét részből (ügyfél, energiakereskedő) 22-29%-os költségmegtakarítás érhető el, ami a kereskedőre viszonyítva profitként jelentkezik.

5 TOVÁBB FEJLESZTÉSI LÉPÉSEK, TERVEK, LEHETŐSÉGEK

Az alkalmazás fejlesztése folyamatos, és nem ér véget egyetlen verzió megjelenésével. Mint korábban írtam a jogszabályi változások lekövetése, a moduláris felépítés miatti nagyobb felhasználói körök, igények kiszolgálása miatt. Az állandó változásokra és fejlődésre való reagálás érdekében fontos folyamatosan figyelemmel kísérni az alkalmazás teljesítményét, funkcióit és felhasználói igényeit. Ezek alapján az alábbi pontokban szedtem össze a részben már megvalósult, részben a jövőbeni lépéseket.

- Két, később akár kettőnél több lépcsős azonosítás kialakítása. Nem akadályozza a felhasználást a több lépcsős azonosítás hiszen az operátor egyszer, vagy kétszer jelentkezik be naponta.
- A szoftver komplexebb összekötése a kereskedő számlázási rendszerével (lásd képernyőkép, már most is összevan), ezáltal automatizált számlázási és elszámolási rendszert kialakítani. Például, ha valaki nem fix áron vásárol, hanem tőzsdei árat követő képlettel.
- Moduláris fejlesztéssel kialakítani erőművi szabályzásra, mérlegkörre, energiaközösségre,
- Menetrendezés, mérlegkörüi visszatáplálás teljes automatikussá tétele, gépi tanulás és mesterséges intelligencia felhasználásával.
- Energiaközösségekre való implementáció, amikor az „A” helyen megtermelt áramot az ország másik „B” helyén használják fel, az ismert szabályzások alapján, bevonva egy „C” helyen lévő tárolót.
- Szabályzó központokra illesztett modul, a fel és leszabályzásokra az alacsonyabb mérlegköröknél
- Ha egy adott mérlegkörben minden ügyfélnél ez a szoftver van, valamint ebben a mérlegkörben már megtalálhatók a nem visszawatt védelemmel ellátott fogyasztók, az energiaközösségek, és egyéb termelő egységek, pl. napelem, gázmotor stb., akkor kialakítható ezen elvek alapján a teljes mérlegkör kiegyensúlyozása a hálózat használatával.

- Szerviz modul: Applikáció táblagépre, szerviz adatok megjelenítése: pl cella, modul, blokk hőfok, feszültség, karakterisztika, Szolár inverter paraméterek, bejövő adatok, mérő adatok megjelenítése, elektronikus munkalap, szervizjellegű információk. Esetleges rendszerüzenetek értesítések és e-mailek formájában továbbítva a táblagépekre stb.
- Külföldi piac megcélzása: Első körben, ismerve a német energiapolitikát, ott lenne életképes a szoftver, az EU-n túlmenően az USA, azon belül Texas állam lenne az, ahol nagyot tudna menni, bár az amerikai modellre nagyon át kellene szabni az eltérő szabályozás miatt.

6 ÖSSZEFOGLALÁS

A TDK dolgozatban kifejtett alkalmazásfejlesztés véleményem szerint, elterjedése esetén jól szolgálná az energia szektort. Mi más jelentene erre nagyobb bizonyítékot, mint a Magyar Kormány és a Szolgáltatók napokban tett bejelentése, miszerint 165.000 okosmérőt szerelnek fel a fogyasztókhoz, ahol napelem és/vagy tároló található. Ezen is jól látszik, hogy elindult egy hasonló gondolkodás szakmai oldalon is, mint amit én a szoftverfejlesztése okán előre vízionáltam.

Az előttem álló továbbfejlesztési lépések és tervek az ügyfelek folyamatos igényei, lehetőségeket teremtenek az alkalmazás számára, a tovább fejlődésre.

A folyamatos innováció és a felhasználói igényekre való figyelem összekapcsolásával tovább erősíthetem az alkalmazás pozícióját a piacon, és még jobban szolgálhatja a felhasználók igényeit és elvárásait. A tervezett továbbfejlesztések eredményeként az alkalmazás még inkább kiemelkedő és versenyképes lesz a megújuló energiatermelés, a tárolórendszerek és a felhasználói energiafogyasztás területén.

7 IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Ying Yi, et al, RAID v2.0: An Updated Resource of RNA-Associated Interactions Across Organisms, *Nucleic Acids Research*, Volume 45, Issue D1, January 2017, pp. D115–D118, <https://doi.org/10.1093/nar/gkw1052>,
- [2] Heckman, M. R., & CISSP, C., The Difference Between Data Security And Privacy, *United States Cybersecurity Magazine*, 2017, https://mrheckman.com/assets/docs/UosSD_article_5uscywn17.146154236.pdf
- [3] Halsey, M., Networks And Internet Connections. In: *Windows 10 Troubleshooting*. Apress, Berkeley, 2022, CA. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-7471-2_14
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4842-7471-2_14
- [4] Alimi, I. A., & Mufutau, A. O., Enhancement of Network Performance of an Enterprises Network with VLAN, *American Journal Of Mobile Systems, Applications And Services*, 1(2), pp. 82-93. 2015, https://www.researchgate.net/profile/Isiaka-Alimi/publication/321715054_Enhancement_of_Network_Performance_of_an_Enterprises_Network_with_VLAN/links/5a2d46b90f7e9b63e53d2755/Enhancement-of-Network-Performance-of-an-Enterprises-Network-with-VLAN.pdf
- [5] Wang, H., He, W. & Wang, F.K., Enterprise Cloud Service Architectures, *Inf Technol Manag*, 13, pp. 445–454, 2012, <https://doi.org/10.1007/s10799-012-0139-4>
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10799-012-0139-4>
- [6] Jyothi, K. K., & Reddy, B. I., Study On Virtual Private Network (VPN), VPN's Protocols and Security, *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, 3(5), pp. 919-932. https://www.researchgate.net/profile/B-Indira-Reddy/publication/368831275_CSEIT1835225_Study_on_Virtual_Private_Network_VPN_VPN's_Protocols_And_Security/links/63fc6eab0d98a97717bfd793/CSEIT1835225-Study-on-Virtual-Private-Network-VPN-VPNs-Protocols-And-S
- [7] Q. Duan, E. Al-Shaer, Traffic-Aware Dynamic Firewall Policy Management: Techniques And Applications, in *IEEE Communications Magazine*, vol. 51, no. 7, pp. 73-79, July 2013, doi: 10.1109/MCOM.2013.6553681, <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6553681>

- [8] Az Energiakereskedelem: Zöld Energia És Új Piaci Megoldások, 2021.08.09., <https://hold.hu/holdblog/az-energia-kereskedelem-zold-energia-es-uj-piaci-megoldasok/>
- [9] Pintér, G., Zsiborács, H., Baranyai, N.H., Aspects of Determining the Energy Storage System Size Linked to Household-Sized Power Plants in Hungary in Accordance with the Regulatory Needs of the Electric Energy System, Sustainability, 2022, 14, 2622. <https://doi.org/10.3390/su14052622>, <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/5/2622>
- [10] Boros, R. R., Bodnár, I., Napelemes Szünetmentes Aszinkron Motorhajtás Szigetüzemű Inverterrel, Jelenkori Társadalmi és Gazdasági Folyamatok, 18(Különszám), pp. 91-104., 2023, <https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A16%3A11172864/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A165098914&crl=c>
- [11] Phillips, P., Phillips, J.J., Stone, R., Burkett, H., The ROI Fieldbook (1st ed.). Routledge. 2006, <https://doi.org/10.4324/9780080465128>, <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9780080465128/roi-fieldbook-ron-stone-jack-phillips-patricia-phillips-holly-burkett>
- [12] Hadouchi M, Koketsu T, Hu Z, Ma J. The Origin of Fast-Charging Lithium Iron Phosphate for Batteries, Battery Energy, 2022; 1:20210010. doi:10.1002/BTE2.20210010, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/bte2.20210010>
- [13] Harrington, J. L., Relational Database Design and Implementation, Morgan Kaufmann. 2016, https://books.google.hu/books?hl=hu&lr=&id=yQgfCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Database+Design&ots=qQCti_Wz1t&sig=6pubxlwzHNuIQ4R_S_ZFgUQUr5E&redir_esc=y#v=onepage&q=Database%20Design&f=false
- [14] European Commission, Photovoltaic Geographical Information System, https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html
- [15] Ritchie, H., Rosado, P., Energy Mix, OurWorldInData.org. Retrieved, 2020, <https://ourworldindata.org/energy-mix>
- [16] Xunpeng Shi, The Future of ASEAN Energy Mix: A SWOT Analysis, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 53, 2016, Pages 672-680, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.09.010>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115009806>

- [17] N.K. Das, J. Chakrabartty, Mrinmoy Dey, A.K. Sen Gupta, M.A. Matin, Present Energy Scenario and Future Energy Mix of Bangladesh, *Energy Strategy Reviews*, Volume 32, 2020, 100576, ISSN 2211-467X, <https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100576>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X20301292>
- [18] Anil Shrestha, Andy Ali Mustafa, Myo Myo Htike, Vithyea You, Makoto Kakinaka,
- [19] Evolution of Energy Mix in Emerging Countries: Modern Renewable Energy, Traditional Renewable Energy, and Non-Renewable Energy, *Renewable Energy*, Volume 199, 2022, pp. 419-432, ISSN 0960-1481, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.09.018>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148122013623>

8 ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: Raid szintek tárkapacitása elemszám függvényében.....	2
2. ábra: A RAID tömbök tárolására példa forrás: UFS Explorer.....	3
3. ábra:A ciklusok meghatározása (készítette: a szerző)	8
4. ábra: A mérlegkör elvi felépítése Forrás: Holdblog [8]	10
5. ábra: Idő és erőforrás igény meghatározása (készítette: a szerző).....	15
6. ábra: Kezdeti tervezési állapot SQLDBD (készítette: a szerző).....	21
7. ábra: Egy bekapcsolt ügyfél informatikai csatlakozásának elvi felépítését látjuk. (készítette: a szerző)	24
8. ábra: A szerveroldali elképzelt felépítés. (készítette: a szerző).....	25
9. ábra: Activity diagramm: Az első adat küldése, adatfeldolgozás, visszaküldés (készítette: a szerző).....	26
10. ábra: Az adatok megadása. Forrás: [14]	28
11. ábra: A kalkulált eredmény Forrás: [14].....	28
12. ábra: Áram árák alakulása az adott napon forrás: HUPXDAM	33
13. ábra: Az összegző képernyő: adatok, egy esős hétvégéről.	34

9 ABSZTRAKT

A dolgozat célja egy általam fejlesztett olyan energiamenedzsment szoftver bemutatása, ami lehetővé teszi a villamosenergia kereskedőket a tárolók rugalmas használatára, célja az általam fejlesztés alatt álló és fejlesztendő szoftver tulajdonságait, folyamatait, a várható produktumot, valamint a végén a fejlődési lehetőségeit mutatja be és veszi végig.

A dolgozatom a gazdasági oldalról is vizsgálja, részben a fejlesztési költségeket és az árazás kérdéseit. A részei a telepített hardver, és a szoftveres kapcsolat, valamint a kereskedői központban lévő szoftver. Az általam fejlesztett szoftver képes kihasználni az energiatárolók képességeit, rugalmasan kezelni a kereskedői menetrendezést, figyelembe veszi az időjárási adatokat, és felhasználási szokásokat. Az ilyen szoftver fontos szerepet játszik a megújuló energiatermelés támogatásában és az energetikai hálózatok hatékony működtetésében.

A fejlesztés alkalmazásával létrejön egy kiegyensúlyozott mérlegkör, ami költségcsökkenést képez a felhasználónál és a kereskedőnél egyaránt.

Fejlesztésem következményeképp elérhető a villamosenergiakereskedők számára, hogy rugalmasan kezeljék a változó megújuló energiatermelést, és optimalizálják az energiahálózatok teljesítményét, valamint aktívan részt vegyenek az energiahálózat hatékonyságának növelésében, például időzített fogyasztásszabályozással vagy a fogyasztásuk alapján differenciált díjszabásokkal. Ezen túlmenően analitikai és prediktív képességeik révén segítenek a villamosenergiakereskedőknek az energiaárak előrejelzésében és az energiahálózatok tervezésében és optimalizálásában, elősegítve ezzel a fenntartható és hatékony energiaellátást.

Kulcsszavak: energiahatékonyság, energiatároló, megújuló energia, menetrendezés,

10 ABSTRACT

This thesis aims to present an energy management software that I have developed to enable electricity traders to use storage flexibly, to describe the features of the software I am developing, the processes, the expected product, and the possibilities for its development.

My thesis will also look at the economics, in part, of the development costs and pricing issues. The parts are the installed hardware, the software connection, and the software in the dealership centre. The software I developed can take advantage of the capabilities of energy storage, flexibly manage dealer scheduling, and take into account weather data, and usage patterns. Such software plays an important role in supporting renewable energy production and the efficient operation of energy grids.

The development will create a balanced balance sheet, which will reduce costs for both the user and the trader.

As a consequence of my development, it is possible for electricity traders to flexibly manage variable renewable generation and optimise the performance of their energy networks, and to actively participate in increasing the efficiency of the energy network, for example through time-based consumption control or differentiated tariffs based on their consumption. They also provide analytical and predictive capabilities to help electricity traders forecast energy prices and plan and optimise energy networks, thus contributing to a sustainable and efficient energy supply.

Keywords: energy efficiency, energy storage, renewable energy, scheduling,