

SZAKDOLGOZAT

Subecz Péter Csaba

Létesítményenergetikai szakmérnök

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Létesítményenergetikai szakmérnök

szakirányú továbbképzés szak

Hidrogén felhasználása létesítmények energiaellátásánál

Belső konzulens: Prof. Dr. Barótfi István
egyetemi tanár, MATE

Külső konzulens: Silóczki László
okleveles gépészmérnök

Készítette: Subecz Péter Csaba
NVT0V7

Levelező

Intézet/Tanszék: Műszaki Intézet /
Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Szent István Campus

2023



MŰSZAKI INTÉZET
SZAKIRÁNYÚ TOVÁBBKÉPZÉS
Létesítményenergetikai szakmérnök

SZAKDOLGOZAT

feladatlap

Subecz Péter Csaba (NVT0V7)

részére

A szakdolgozat címe:

Hidrogén felhasználása létesítmények energiaellátásánál

Feladatkiírás:

Mutassa be a hidrogént, mint energiaforrás, és energiatároló megoldás a létesítmények energiaigényének folyamatos kiszolgálása szempontjából.

Ismertesse és elemezze a hidrogén előállítás, tárolás és felhasználás legújabb vívmányait.

A diplomadolgozat keretein belül végezze el egy adott családi házra vonatkoztatott tervezési és méretezési feladatok kidolgozását egy hidrogénház kivitelezéséhez, bemutatóval annak energetikai előnyeit.

Közreműködő tanszék: Műszaki Intézet, Épületgépészeti és Energetikai Tanszék


Külső konzulens: Silóczki László, *Okleveles gépészmérnök, Start Holding Kft., 9632 Sajtoskál, Ady Endre utca 5.*

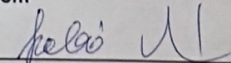
Belső konzulens: Prof. Dr. Barótfi István Gábor egyetemi tanár, MATE,

A dolgozat beadási határideje: 2023. év november hó 6. nap

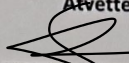
Kelt: Budapest, 2023. év szeptember hó 14. nap

Jóváhagyom


(tanszékvezető)

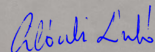

(szakfelelős)

Átvettem


(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Kelt:


(külső konzulens)

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés	6
1.1	Szakdolgozat célja	6
2	Szakirodalmi áttekintés	8
2.1	A hi-drogén szerepe a jövő energiaellátásában.....	8
2.2	Az Európai Unió hidrogénpolitikája	11
2.3	A hidrogén előállításának a módjai	12
2.4	Vízbontás elektrolízissel.....	14
2.4.1	A vízbontás energiaigénye	16
2.5	Hidrogén tárolása	18
2.5.1	Hidrogén tárolásának biztonsági követelményei	19
2.5.2	A Toyota hordozható biztonsági patronja	20
2.5.3	Fém-hidrid energiatárolás	22
2.6	Hidrogén felhasználása elektromos áram termelésére.....	23
2.6.1	Tüzelőanyagcellák működése, hatékonysága	24
2.6.2	Energiaátalakítás PEMFC-vel.....	26
2.6.3	Energiaátalakítás SOFC-vel	27
2.7	Fűtés hidrogénnel	28
2.8	Hidrogén ház projektek	29
2.8.1	Hidrogén ház projekt, Ausztrália	29
2.8.2	Hidrogén ház projekt, Olaszország.....	30
3	Hidrogén ház energetikai méretezése	32
3.1	Minta létesítmény energiafogyasztásának méretezése, meghatározása	33
3.1.1	Létesítmény bemutatása.....	33
3.1.2	Energiaigény meghatározása.....	35
3.2	Hidrogén ház energiaellátásának, és annak vezérlésének sematikus rajza	40
3.3	Technológiai és gépészeti elemek méretezése	41
3.3.1	Üzemanyagcella méretezése	43
3.3.2	Tartályok méretezése.....	44
3.3.3	Oxigén tartály méretezése.....	46
3.3.4	Víz tartály méretezése.....	47
3.4	Elektrolízis berendezésének méretezése	47

3.5	Akkumulátor méretezése	48
3.6	Napelem méretezése	49
3.7	Folyamatvezérlés	49
3.8	Biztonsági megfontolások	50
4	<i>Következtetések, javaslatok</i>	51
4.1	Hatékonyság, meg nem oldott problémák.....	51
5	<i>Összefoglalás</i>	54
5.1	Summary	56
	<i>Irodalomjegyzék</i>	58
	<i>Ábrajegyzék</i>	61
	<i>Táblázat jegyzék</i>	62
	<i>Nyilatkozatok</i>	63
	<i>Melléletek</i>	65
1.	Melléklet: Ingatlan alaprajza	65
2.	Melléklet: WinWatt Kócsag teljes számítások	66
3.	Melléklet: Toyota üzemanyag cella stratégiája	80
4.	Melléklet: Az Európai Unió hidrogén stratégiája (20 lépéses akcióterv)	85
5.	Melléklet: Toyota Woven City, a jövőváros	90

1 Bevezetés

1.1 Szakdolgozat célja

A fenntarthatóságra és a tiszta energiaforrásokra való áttérésre való globális összpontosítással a hidrogén ígéretes alternatívaként jelenik meg, mint energiaforrás, akár a lakóépületek számára is. Jelen dolgozatomban áttekintést nyújtok a hidrogén lakóépületekben történő felhasználásáról, kiemelve annak lehetséges előnyeit, kihívásait és jövőbeli kilátásait.

A sokoldalú és bőséges energiahordozónak számító hidrogén számos előnnyel jár, ha felhasználják a lakóépületekben. Először is, különböző megújuló módszerekkel, például nap- vagy szélenergiával működtetett elektrolízissel állítható elő, ami tiszta és fenntartható üzemanyagforrást biztosít. Másodsor, a hidrogén energiátárolási megoldásként szolgálhat, segít áthidalni a szakadozó, nem folytonos megújuló energiatermelés és a folyamatos vagy éppen másképpen váltakozó lakossági energiaigény közötti szakadékot. A hidrogén emellett fűtésre, főzésre és villamosenergia-termelésre is használható, sokoldalú energiaforrást biztosítva a lakástulajdonosok számára.

A hidrogén lakóépületekben való alkalmazása azonban számos kihívást is jelent. A hidrogén előállítás, tárolása és elosztása jelentős infrastrukturális beruházásokat igényel, és a hidrogén kezelésével és tárolásával kapcsolatos biztonsági aggályokat is kezelni kell. Ezenkívül a hidrogénalapú rendszerek energiahatékonyságát is javítani kell ahhoz, hogy felvegyék a versenyt más, már bevált energiaforrásokkal.

E kihívások ellenére a hidrogén lakóépületekben történő felhasználása óriási lehetőséget hordoz a szén-dioxid-semleges és fenntartható lakókörnyezet megvalósítása szempontjából. Ez az szakdolgozat a folyamatban lévő kutatási és fejlesztési erőfeszítéseket vizsgálja, amelyek célja a hidrogéntechológiák javítása illetve előkészítése a lakóépületekben történő felhasználásra, valamint megvitatja a hidrogénnek a meglévő energiarendszerekbe való integrálásának lehetőségeit. Emellett hangsúlyozza a politikai támogatás, a technológiai fejlődés és a közvélemény tudatosságának szükségességét annak érdekében, hogy a jövőben a hidrogénben mint a lakóépületek tiszta energiamegoldásában rejlő lehetőségek teljes mértékben kiaknázzhatók legyenek.

Ezt követően méretezési számításokkal kerül bemutatásra egy választott ingatlan energiaigénye, majd ennek ismeretében méretezésre kerül az energia ellátás, beleértve az optimális hidrogéntermelő és -tároló kapacitást. Ezek a számítások olyan tényezőket

vesznek figyelembe, mint az épület energiaigénye, földrajzi elhelyezkedése és a megújuló erőforrások elérhetősége. A cél egy olyan hidrogénrendszer megtervezése, amely képes kielégíteni az épület energiaigényét, miközben minimalizálja a veszteséget és biztosítja a megbízható energiaellátást.

Energetikai számítások a hidrogénalapú rendszer általános energiahatékonyságának és környezeti előnyeinek értékelésére mellett a hagyományos energiaforrásokhoz, például a földgázhoz vagy a hálózati villamos energiához képest is fontos információ. Ez magában foglalja a hidrogén előállítását, tárolását és felhasználását során fellépő energiaveszteségek elemzését, valamint a hidrogénhasználathoz kapcsolódó szén-dioxid-kibocsátás csökkenésének számszerűsítését is.

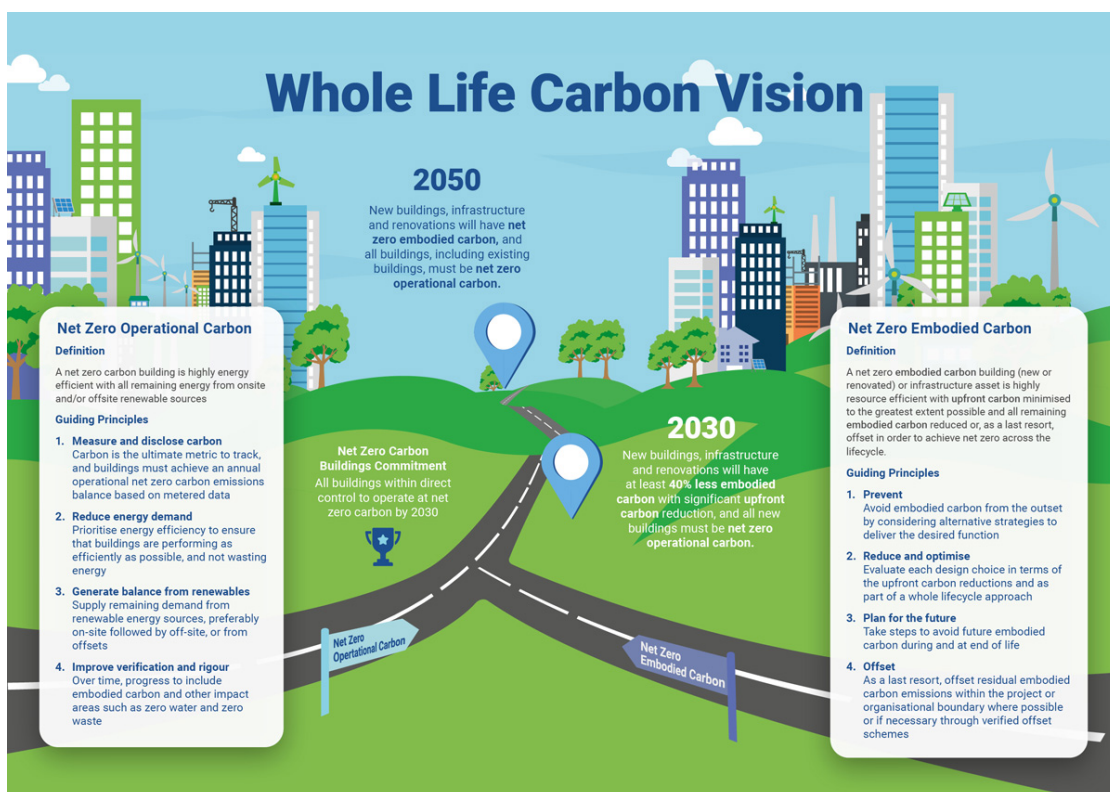
A szakdolgozat eredményei értékes betekintést nyújtanak, hogy napjainkban hogy állnak a hidrogénalapú technológiák, és mik a lehetőségei a lakóépületekbe történő beépítésének, megvalósíthatóságának annak előnyeivel és hátrányaival, utat mutatva egy fenntarthatóbb és energiahatékonyabb jövő felé.

2 Szakirodalmi áttekintés

2.1 A hi-drogén szerepe a jövő energiaellátásában

A hidrogén várhatóan több okból is jelentős szerepet fog játszani a jövő energiaellátásában, ugyanis a hidrogén sokoldalú energiahordozó, amelyet különböző forrásokból lehet előállítani, többek között megújuló energiából (zöld hidrogén), földgázból szén-dioxid-leválasztással és -tárolással (kék hidrogén), sőt még atomenergiából (rózsaszín hidrogén) is. A zöld hidrogén az épületek, az infrastruktúra és az ipar szén-dioxid-mentesítésének egyik legfontosabb energiahordozója. Üzemanyagként használva a hidrogén nulla üvegházhatású gázkibocsátással képes energiát termelni, ha megújuló forrásokból állítják elő.

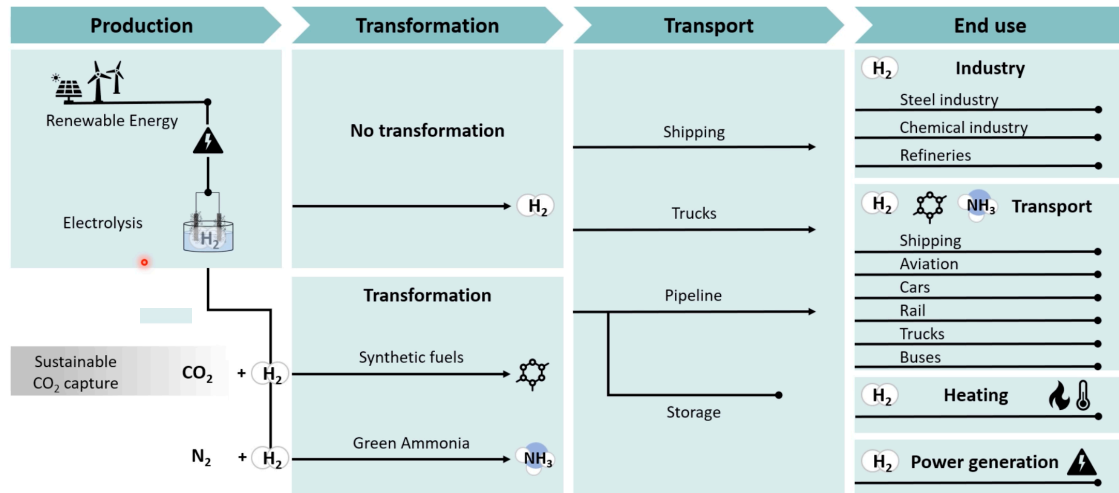
- **Dekarbonizáció:** A hidrogénnek a jövőbeli energiaellátásban betöltött egyik elsődleges szerepe az, hogy a hidrogén hozzájárulhat a gazdaság különböző ágazatainak - például a közlekedésnek, az iparnak és a fűtésnek - a szén-dioxid-mentesítéséhez. A hidrogén helyettesítheti a fosszilis tüzelőanyagokat olyan alkalmazásokban, ahol a közvetlen villamosítás kihívást jelent vagy nem hatékony.



Ábra 1: Építőipar dekarbonizációja [magyarepitestechika.hu, 2021]

- **Energiatárolás:** A hidrogén az energiatárolás egyik formájaként használható, segítve a megújuló energiaforrások, például a szél- és a napenergia időszakosságának

kiegyenlítését. A magas megújulóenergia-termelés idején keletkező többletáramot elektrolízis útján hidrogén előállítására lehet felhasználni, és későbbi felhasználásra tárolni, stabil energiaellátást biztosítva.



Ábra 2: A hidrogén értéklánca

- **Közlekedés:** A hidrogén üzemanyagcellás járművek (FCV-k) nulla kibocsátású közlekedési lehetőségeket kínálnak. Az FCV-k előnye a gyorsabb tankolási idő és a nagyobb hatótávolság az akkumulátoros elektromos járművekhez (BEV) képest. Bár az FCV-k piaca jelenleg kisebb, mint a BEV-ké, a jövőben növekedhet, különösen az olyan alkalmazások esetében, mint a nehéz tehergépkocsik, buszok és vonatok.

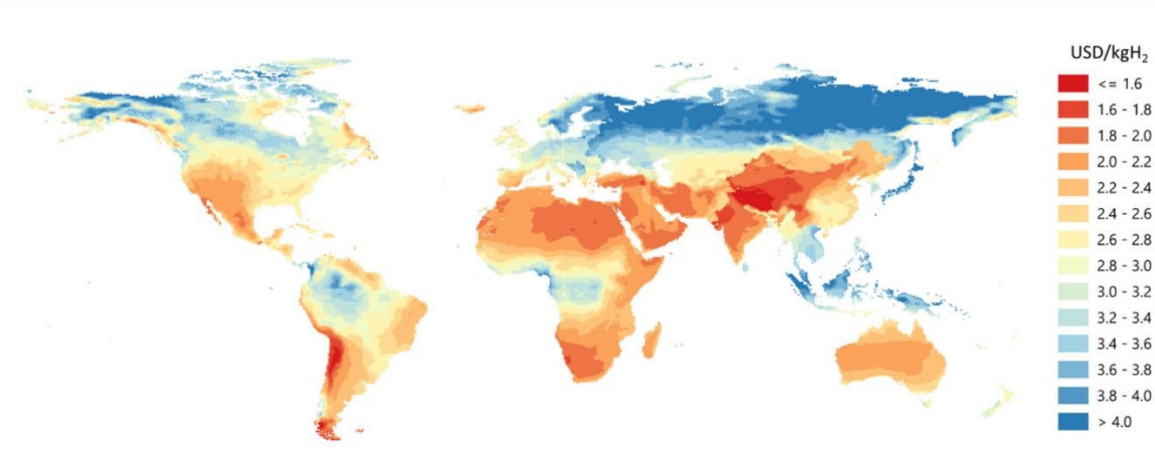


Ábra 3: Hidrogén üzemanyagcellás járművek

- **Ipari folyamatok:** A hidrogén kulcsfontosságú alapanyag különböző ipari folyamatokban, többek között az ammónia, az acél és a vegyi anyagok előállításában. A fosszilis tüzelőanyagokból előállított hidrogénnek alacsony szén-dioxid-kibocsátású vagy zöld hidrogénnel való helyettesítése jelentősen csökkentheti a kibocsátást ezekben az iparágakban.

- *Fűtés és energiatermelés:* A hidrogén felhasználható fűtésre és energiatermelésre az otthonokban és a vállalkozásokban. Hidrogénturbinákban vagy üzemanyagcellákban elégetve szén-dioxid-kibocsátás nélkül termelhetünk hőt és villamos energiát, ha tiszta forrásokból állítjuk elő.
- *Energiaexport:* A bőséges megújuló energiaforrásokhoz, például nap- és szélenergiához hozzáférő országok potenciálisan exportárúként használhatják a hidrogént. A zöld hidrogén helyben előállítható, és tiszta energiaforrásként szállítható olyan régiókba, ahol nincs megújuló energiainfrastruktúra.

Hydrogen costs from hybrid solar PV and onshore wind systems in the long term



Ábra 4: Hidrogén előállítási költsége szél és napenergiából [iea.org, 2019]

- *Energiabiztonság:* Az energiaszerkezet hidrogénnel történő diverzifikálása növelheti az energiabiztonságot azáltal, hogy csökkenti az egyetlen energiaforrástól vagy geopolitikai szállítótól való függőséget, valamint elővetítheti a szénhidrogének jelenlegi dominanciáját követő korszakot. [Barótfi, 2011]
- *Kutatás és fejlesztés:* A hidrogéntekológiákba történő beruházás ösztönözheti az innovációt, javíthatja a hatékonyságot, és csökkentheti a hidrogén előállításának, tárolásának és szállításának költségeit.

Fontos azonban megjegyezni, hogy a hidrogén széles körű elterjedése kihívásokkal jár, többek között a termelés, a szállítás és a tárolás költségeivel, valamint az infrastruktúra fejlesztésének szükségességével. Emellett a hidrogén környezeti előnyei az előállítás módjától függenek;

- a zöld hidrogén (megújuló energiaforrásokból előállított) fenntarthatósági szempontból a legelőnyösebb,

- a kék hidrogén (fosszilis tüzelőanyagokból szén-dioxid-leválasztással előállított) kevésbé előnyös, szénhidrogén lábnyoma miatt.

Összefoglalva, a hidrogén kulcsfontosságú szerepet játszhat a fenntarthatóbb és alacsony szén-dioxid-kibocsátású energiarendszerre való áttérésben. Szerepe az elkövetkező években a technológiai fejlődés, a támogató politikák és a piaci fejlemények folytatásától függ.

2.2 Az Európai Unió hidrogénpolitikája

Az Európai Unió (EU) átfogó stratégiát és különböző kezdeményezéseket dolgozott ki a hidrogénnel kapcsolatban, hogy segítse az éghajlati és energetikai célok elérését. Az alábbiakban bemutatok néhány kulcsfontosságú irányvonalat és kezdeményezést az EU-ban a hidrogénnel kapcsolatban a közelmúltban:

Európai hidrogénstratégia (2020. július): Az Európai Bizottság (EB) az Európai Zöld Megállapodás részeként hidrogénstratégiát adott ki, melynek célja hogy a hidrogén a szén-dioxid-semlegesség 2050-ig történő elérésére irányuló uniós erőfeszítések kulcsfontosságú elemévé váljon.

- tiszta hidrogénpiac kialakítását,
- hidrogéntermelés méretnövelését
- kutatás és az innováció támogatását.

Hidrogén-ütemterv (2021. július): Az EB hidrogén-ütemtervet tett közzé, amely tartalmazza a hidrogén termelésének és felhasználásának növelésére irányuló terveket különböző ágazatokban, például az iparban, a közlekedésben és az energetikában.

EU Tiszta Hidrogén Szövetség (EU Clean Hydrogen Alliance) (2020. július): Az EU létrehozta a Tiszta Hidrogén Szövetséget, hogy összefogja az ipart, a nemzeti és regionális hatóságokat és a civil társadalmat a tiszta hidrogéngazdaság fejlesztésének támogatása érdekében. A szövetség célja a hidrogéntechnológiák bevezetésének felgyorsítása és a hidrogénpiac létrehozása Európában.

Finanszírozás és beruházás: Az EU jelentős forrásokat különített el a hidrogénnel kapcsolatos projektek és kutatások támogatására olyan programokon keresztül, mint az Európai Tiszta Hidrogén Szövetség, az Innovációs Alap és a Horizont Európa kutatási és innovációs program. Ezek az alapok célja az innováció ösztönzése, a hidrogéntechnológiák költségeinek csökkentése és elfogadásuk előmozdítása.

Hidrogéninfrastruktúra: Az EU dolgozik a hidrogéninfrastruktúra fejlesztésén, beleértve a járművek hidrogéntöltő állomásait és a hidrogén szállítására szolgáló csővezetéseket. Ez az infrastruktúra létfontosságú a hidrogéngazdaság növekedése szempontjából.

Szabályozási keret: Az EU dolgozik a hidrogén szabályozási keretén, beleértve a hidrogén előállítására és forgalmazására vonatkozó szabványokat és tanúsítványokat a biztonság és a környezeti fenntarthatóság biztosítása érdekében.

Nemzetközi együttműködés: Az EU aktívan részt vesz a hidrogénkutatás és -fejlesztés terén folytatott nemzetközi együttműködésben. Célja, hogy együttműködjön más országokkal és régiókkal a globális hidrogénpiac létrehozása és a hidrogén mint tiszta energiahordozó népszerűsítése érdekében.

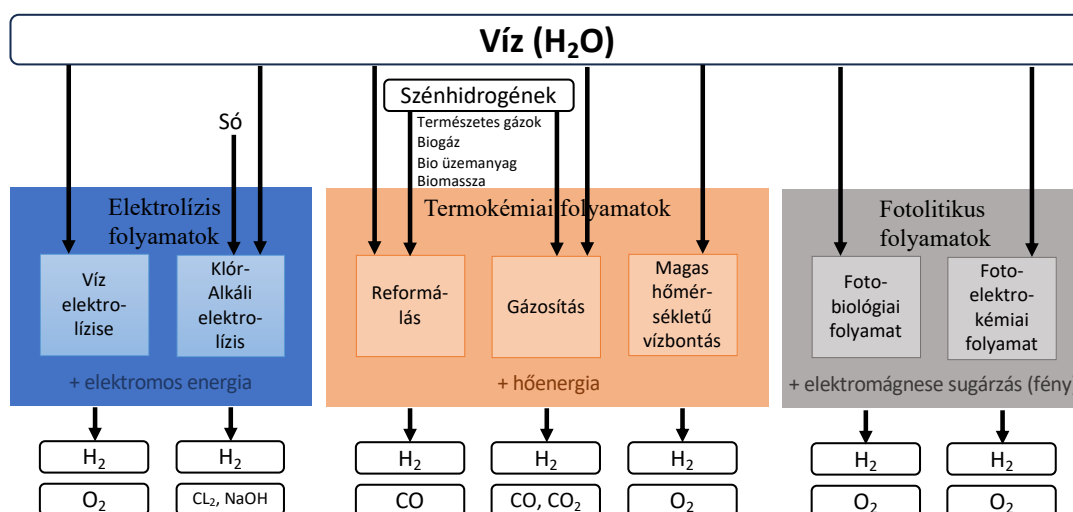
Zöld hidrogén: Az EU nagy hangsúlyt fektet a zöld hidrogén előállítására, azaz a megújuló energiaforrások – például a szél- és napenergia – felhasználásával előállított hidrogénre, amely a hidrogéntermelés környezeti szempontból leginkább fenntartható formájának tekinthető.

Ágazati integráció: Az EU dolgozik a hidrogén különböző ágazatokba – többek között az iparba, a közlekedésbe és az energiába – történő integrálásán, az integráltabb és szén-dioxid-mentesebb energiarendszer megvalósítására irányuló szélesebb körű erőfeszítések részeként. [Ekins, 2010]

Az Európai Unió részletes akciótervét és stratégiáját a hidrogénnel, mint energiaforrással kapcsolatban a [4. Melléklet] mutatja részletesen.

2.3 A hidrogén előállításának a módjai

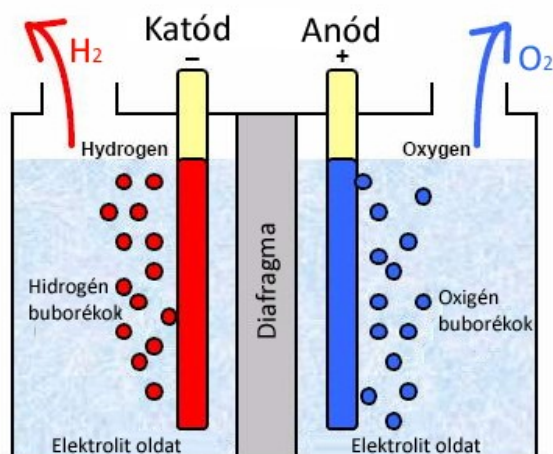
A hidrogén előállításának több különböző módja létezik, amelyek különböző forrásokat és folyamatokat használnak. A hidrogén azonban nem szabad formában található meg a Földön, így valamilyen módszerrel elő kell állítani.



Ábra 5: Hidrogén előállításának módjai

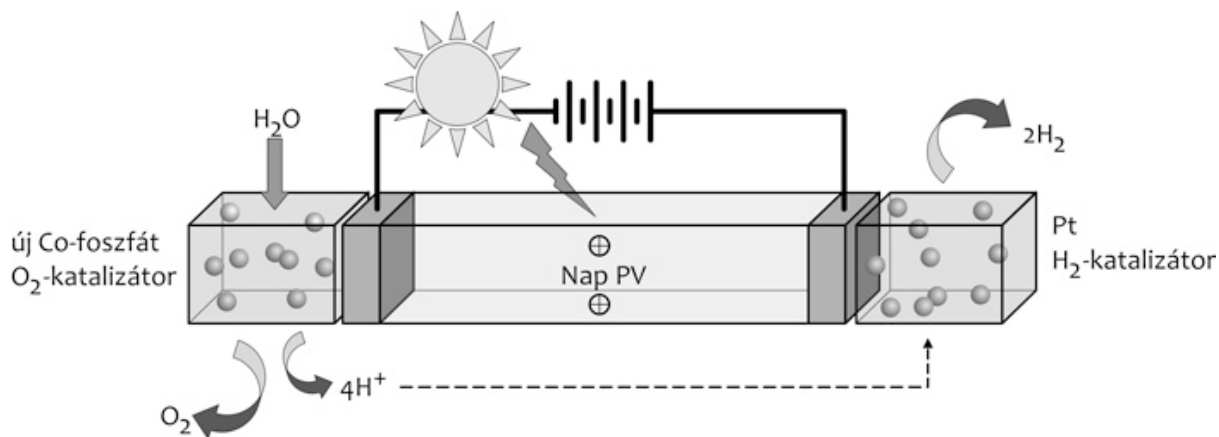
Az alábbiakban bemutatok néhány fő hidrogén előállítási módot:

1. **Víz elektrolízise:** Ez az egyik legelterjedtebb és ismert hidrogén előállítási mód. Az elektrolízis során elektromos áram hatására víz molekulákat bontanak hidrogénre és oxigénre. A folyamat két elektromosan vezető elektródba történik, amelyeken keresztül áramot vezetnek. Az anódon hidrogén keletkezik, míg a katódon oxigén képződik.



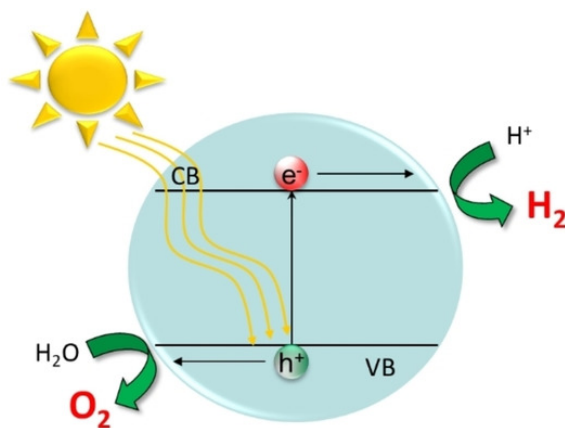
Ábra 6: Víz bontása elektrolízissel

2. **Szénhidrogén reformálás:** Ebben a módszerben a földgázt vagy más szénhidrogént (például szén-dioxidot vagy metánt) melegítik és reakcióba hozzák vízgőzzel katalizátor segítségével. Ennek eredményeként hidrogén és szén-dioxid képződik. Ez a módszer a legelterjedtebb ipari hidrogénforrás.
3. **Biomassza vagy biogáz feldolgozása:** Szerves anyagokból, például növényi maradékokból vagy szerves hulladékból hidrogént lehet előállítani. A biogázból vagy biomasszából először metánt és szén-dioxidot hoznak létre, majd a metánt hidrogénre és szén-dioxidra bontják.
4. **Elektrolízis más forrásokból:** Nemcsak vízből lehet hidrogént elektrolízissel előállítani. Például ammóniából vagy alkoholokból is lehet hidrogént előállítani elektromos áram hatására.
5. **Alumínium vízzel való reakciója:** Az alumínium reakcióba hozható vízzel, aminek során hidrogén és alumínium-oxid keletkezik. Ez az eljárás azonban általában drága és nehézkes.
6. **Fotokémiai eljárások:** Napenergia felhasználásával is lehet hidrogént előállítani. A napenergia segítségével vízből hidrogén és oxigén képződik egy fotokémiai reakció során. Ezek a folyamatok általában fotokatalizátorok segítségével zajlanak.



Ábra 7: Hidrogén előállítása fotokémiai eljárással

7. **Termikus vízhasadás:** Nagyon magas hőmérsékleten (pl. napenergia vagy magas hőmérsékletű reaktorok segítségével) a vízmolekulákat hidrogénre és oxigénre bonthatják.



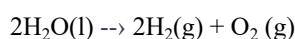
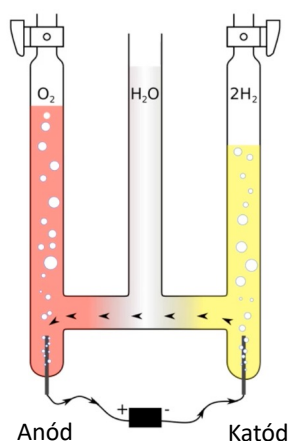
Ábra 8: Hidrogén előállítása fotokémiai eljárással

Mindezek az eljárások különböző forrásokat és energiaforrásokat igényelnek, és különböző ipari és kutatási alkalmazásokhoz használhatók. A választás általában az adott környezeti, gazdasági és technológiai tényezőktől függ. [Zhen, 2015]

2.4 Vízbonítás elektrolízissel

Dolgozatomban nem kívánom részletesen kifejteni az összes lehetséges hidrogén előállítási módot, csak a számomra legfontosabbal, az elektrolízissel történő vízbonítással foglalkozok részletesebben.

A vízbonítás elektrolízissel egy kémiai folyamat, amely során vízmolekulákat bontanak hidrogénre és oxigénre elektromos áram hatására. [hu.wikipedia.org, 2023]



Az elektrolízis során a következő reakciók zajlanak le:

1. **Anód reakció (oxidáció):** $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$
2. **Katód reakció (redukció):** $4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2$

Ábra 9: Hidrogén előállítás elektrolízissel

Az anód reakció során oxigén és pozitív hidrogén-ionok keletkeznek, míg a katód reakció során hidrogén keletkezik. Az elektrolitikus cellában elektródákon (anód és katód) keresztül áramot vezetnek a reakciók előidézéséhez.

Az elektrolízisnek többféle típusa van, például alkáli elektrolízis, savas elektrolízis, és polimer membrán elektrolízis. Ezek mindegyike különböző elektrolitokat és katalizátorokat használ, és eltérő feltételek mellett zajlanak. [Német, 2020]

Elektrolízis típusa	Anion cserélő membrán AEN	Membrán elektrolízis PEM, PEMEL	Szilárdtest elektrolizátor (SOEC)
Működési elv	20-30 wt-%KOH a vízben, a gáz buborékok cirkulációt hoznak létre, a nagyobb áramlásokhoz fokozni kell a cirkulációt	Gázáteresztő, gázdifúziós elektródák, amelyek biztosítják a víz/gáz transzportot	víz helyett a gőz elektrokémiai hasítása 850-1000°C-on
Membrán	ionvezető szeparátor (elektromos szigetelés a gáz diffúzió megakadályozására)	a membrán, mint elektrolit (proton cserélő membrán)	O ₂ vezető szilárd elektrolit
Elektródák	porózus, nagy felületű	anód: víz, katód: H ₂	felforrósított katód
Alkalmazás	Aswan Dam, Egyiptom, 156MW, 33000m ³ /h	kis teljesítmény, 250-500 m ³ /h	
Előnye	olcsó elektróda anyagok, kiforrított technológia	dinamikus üzemeltetés, jó alternatíva lehet a polimer elektrolit	fordított irányban is tud működni, kis működési feszültség, kevesebb elektromos energiaigény
Hátránya	válaszidő a váltakozó bemeneti energiára, ami hátrány megújuló környezetben, kisebb tisztaság	léteznek, relatív nagy gyártási költségek (nemesfémek katalizátorként)	Jelenleg fejlesztés alatt

Ábra 10: Jelenleg használt elektrolizáló eljárások

Az elektrolitikus hidrogén előállításának előnye, hogy egyre inkább integrálódhat a megújuló energiaforrásokkal táplált energiaellátó rendszerekbe, amelyek hozzájárulhatnak a tiszta és fenntartható hidrogén előállításához. Azonban fontos megjegyezni, hogy az elektrolízis folyamata energiaigényes lehet, és a hatékonyságot és költségeket befolyásoló tényezők vannak, például a felhasznált technológia és az energiaforrások ára.

2.4.1 A vízbontás energiaigénye

Az energiaigény közvetlenül függ az alkalmazott áram mennyiségétől és feszültségétől. Az elektrolízis során felhasznált energia mennyiségét Wattóránként (Wh) vagy kilowattóránként (kWh) mérik. Az energiaigényt az alábbiak befolyásolják:

1. Elektrolizáló cella hatékonysága
2. Árammennyiség
3. Feszültség
4. Hőmérséklet és nyomás: magasabb hőmérsékleten és nyomáson a reakció hatékonyabb.

A vízbontás reakciója korábbi megállapításunk alapján: $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g})$

A folyamathoz közvetlen elektromos áramot használunk, hogy irányítsuk a nem spontán kémiai reakciót. A szükséges energiát a Gibbs-Heimholtz egyenlet segítségével kaphatjuk meg.

$$\Delta G_R = \Delta H_R - T \cdot \Delta S_R$$

ahol ΔG_R az elektromos energia, ΔH_R az összes energia, és $T \cdot \Delta S_R$ pedig a hőenergia.

A vízhasadás termodinamikailag egy nem kedvező reakció.

$$\Delta H_R = [\Delta H_R(\text{termék}) - \Delta H_R(\text{reagens})] = \left[285,83 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - (0 + 0) \right] = 285,83 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

A folyamat energiát biztosít a bontásra, valamint a kiterjedésére a termelt gázoknak (298K hőmérsékletet és 1atm nyomást feltételezve).

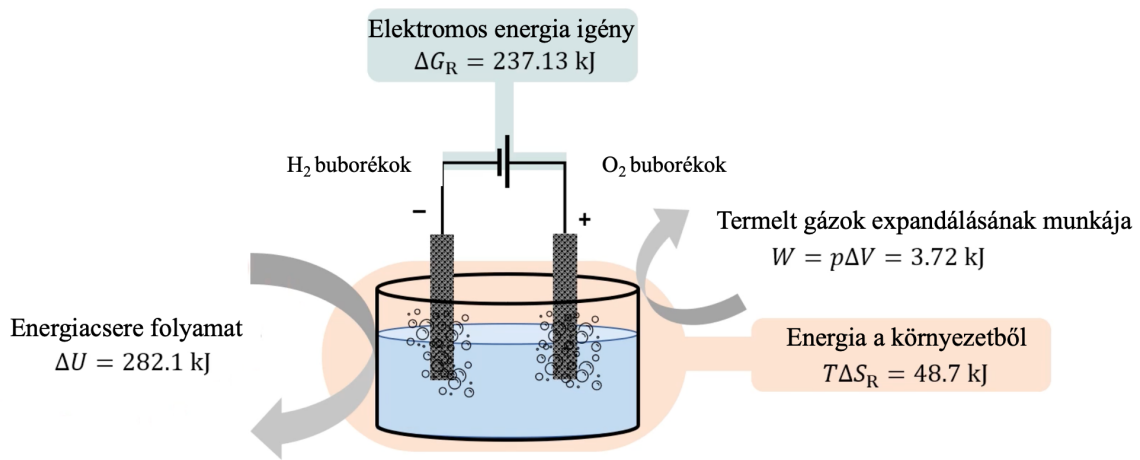
$$W = p\Delta V = (101,3 \cdot 10^3 \text{ Pa}) \cdot (1,5 \text{ mol}) \cdot \left(22,4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{mol}} \right) \cdot \left(\frac{298,15\text{K}}{273,15\text{K}} \right) = 3,72 \text{ kJ}$$

Az entalpia változása a belső ΔU energia változásához vezet és a termelt gázok kiterjedéséhez ($p\Delta V$)

$$\Delta H_R = \Delta U + p\Delta V = 282.1 \text{ kJ} + 3.72 \text{ kJ} = 285,83 \text{ kJ}$$

Viszont nem szükséges ezt az összes energiát - mint elektromos energia - befektetni, ugyanis $T\Delta S$ mennyiségű energia kinyerhető a környezetből ($\Delta S > 0$)

$$\Delta G_R = \Delta H_R - T \cdot \Delta S_R = 285.83 \text{ kJ} - 48.7 \text{ kJ} = 237,13 \text{ kJ}$$



Ábra 11: Elektrolízis energiabontása

A vízbontáshoz szükséges feszültség a következőből kapható:

$$\Delta G_R^0 = -z \cdot F \cdot U, \text{ amiből}$$

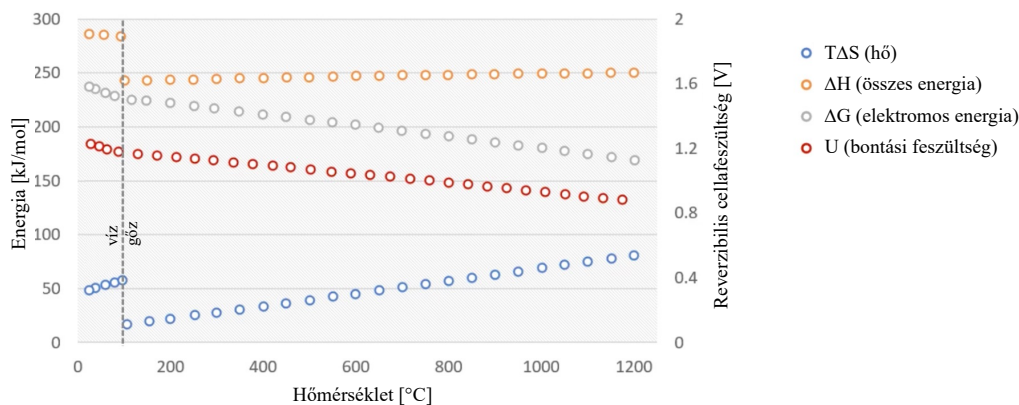
$$U = -\frac{\Delta G_R^0}{z \cdot F} = -\frac{273,13 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}{2 \cdot 96485 \frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{mol}}} = -1,23 \text{ V}$$

Ahol az U az elméleti minimális bontási feszültség.

A folyamat jellemzőjeként a termodinamikai hatékonyság is meghatározható a befektetett energia és az összes energia hányadosaként.

$$\eta_{Th} = \left| \frac{\Delta G_R}{\Delta H_R} \right| = 83\%$$

Ez a hatékonyság kisebb, mint 100%, az entrópia változás miatt, ami nem visszaszerezhető energia.



Ábra 12: Elektrolízis energiaigényének hőmérséklet függése

Ez a hatások az üzemi hőmérséklet növekedésével növekszik (a bontási feszültség ilyenkor csökken a szükséges befektetett energiával egyetemben).

2.5 Hidrogén tárolása

Hidrogén tárolása kulcsfontosságú kérdés a hatékony és biztonságos hidrogénfelhasználás szempontjából. Mivel a hidrogén kis tömegű és alacsony sűrűségű gáz, speciális megoldásokat igényel annak tárolása. A hidrogén tárolására számos módszer létezik, amelyek közül néhány [Kirchkeszner, 2021]:

1. **Nyomás alatti tárolás:** A hidrogént nyomás alatt tartályokban tárolják, hogy folyékony vagy gáznemű formában legyen. A gáztartályoknak erős, megbízható szerkezettel kell rendelkezniük a magas nyomás miatt. A hidrogén gáznemű formában maximálisan 350–700 bar (5,000–10,000 psi) közötti nyomáson tárolható a Toyota hidrogén patronjában, de normál körülmények között akár légköri nyomáshoz közeli nyomásokon (5-10 bar) is tárolható, ami megkönnyítheti a lakossági felhasználást.
2. **Hidrogén folyékony formában:** A hidrogént alacsony hőmérsékleten (kb. -253°C) lehet folyékony formában tárolni. Ehhez jó hatásfokú szigetelésű tartályokra van szükség (duplafalú, cseppfolyós nitrogénnel és vákuumszigeteléssel), amelyek képesek a hideget fenntartani. Ez a módszer kompaktabb tárolási lehetőséget nyújt a gázformához képest.
3. **Abszorbensek vagy adszorbensek használata:** Az abszorbensek vagy adszorbensek olyan anyagok, amelyek képesek tárolni a hidrogént az atomrácsukban, és elengedni azt a megfelelő körülmények között. Ezek a rendszerek lehetővé teszik a hidrogén tárolását meghatározott nyomáson és hőmérsékleten.

Például a szilárd anyagokban tárolható hidrogén sorbensekkel kompaktabb és biztonságosabb tárolás valósítható meg. Jelenleg ez a módszer ígéretesnek tűnik, de költséges. [Vehovszky, 2010]

4. **Hidriddel történő tárolás:** Ebben a módszerben a hidrogént fémhidridek formájában tárolják. Amikor a hidrogénre szükség van, a hidridből kioldódik és használhatóvá válik. Ez a módszer kisebb nyomáson is lehetővé teszi a hidrogén tárolását. Magnézium-hidrid 7,2 tömegszázalék hidrogént képes megkötni. A hidrid kialakulása, mind a hidrogén felszabadulása lassú folyamatok.

Minden tárolási módszernek vannak előnyei és korlátai, és a megfelelő módszert a konkrét alkalmazás és környezeti tényezők alapján kell kiválasztani. Az új technológiák és anyagok fejlesztése folyamatosan zajlik annak érdekében, hogy hatékonyabb és biztonságosabb hidrogéntárolási megoldásokat lehessen kifejleszteni.

2.5.1 Hidrogén tárolásának biztonsági követelményei

A hidrogén tárolásának biztonsági követelményei rendkívül fontosak, mivel a hidrogén könnyű, gyúlékony gáz, amely bizonyos körülmények között robbanásveszélyes. Hidrogén keresztezése oxigénnel



Ábra 13: Robbanási határértékek Hidrogén-Oxigén keveredése esetén

A hidrogén tárolásának biztonsági követelményei:

1. **Jól szellőző helyek használata:** A hidrogént mindig jól szellőző területeken kell tárolni és kezelni, hogy elkerüljük a gáz felhalmozódását és a robbanásveszélyt.
2. **Tárolás nyomásszabályozással:** Ha hidrogént magas nyomáson tárolunk, gondoskodni kell a nyomásszabályozásról és a tartályok szigorú ellenőrzéséről, hogy megakadályozzuk a tartályok robbanását vagy szivárgását.

3. **Megfelelő tartályok használata:** A hidrogént speciális tartályokban kell tárolni, amelyek megfelelnek a hidrogénnel szembeni biztonsági előírásoknak. Ez lehetnek nagynyomású vagy folyékony hidrogént tároló tartályok.
4. **Szivárgás elleni védelem:** A hidrogén könnyen szivároghat a tartályokból és csövekből. Fontos a megfelelő szivárgásvédelmi rendszerek és érzékelők használata a szivárgások időben történő észlelésére.
5. **Tűzvédelem és robbanásbiztonság:** A hidrogénnel való munkavégzés során megfelelő tűzvédelmi intézkedéseket kell hozni, például a tűzoltóeszközök elérhetőségét biztosítani. Robbanásveszély esetén megfelelő protokollok és intézkedések kell, hogy legyenek a személyzet és a környezet védelme érdekében.
6. **Kiképzés és ismeretek:** Az embereknek, akik dolgoznak hidrogénnel, meg kell érteniük a hidrogén kezelésének, tárolásának és felhasználásának alapvető szabályait és biztonsági előírásait.
7. **Szigetelés:** A hidrogén folyékony formájában is tárolható alacsony hőmérsékleten. A hidrogéntároló tartályoknak megfelelő szigeteléssel kell rendelkezniük a hőveszteség minimalizálása és a környezet védelme érdekében.

Ezek a követelmények és eljárások csak általános irányelvek, és a helyi, állami vagy nemzetközi szabályozásoknak való megfelelés is kulcsfontosságú. Az innováció és technológia fejlődésével együtt a hidrogéntárolás és -kezelés biztonságának megközelítései is folyamatosan fejlődnek. [blackridgeresearch.com, 2023]

2.5.2 A Toyota hordozható biztonsági patronja

[global.toyota.com, 2022]

Tokió, Japán (2022. június 2.) - A TOYOTA MOTOR CORPORATION ("Toyota") és leányvállalata, a Woven Planet Holdings, Inc. ("Woven Planet") kifejlesztette a hordozható hidrogénpatron működő prototípusát. Ez a patron kialakítás megkönnyíti a hidrogénenergia mindennapos szállítását és ellátását, hogy a mindennapi életben és az otthonon kívül is sokféle alkalmazást ellásson energiával. A Toyota és a Woven Planet különböző helyszíneken, többek között a Woven City-ben, a jövő emberközpontú intelligens városában, amely jelenleg épül a Shizuoka prefektúrában található Susono City-ben, a Woven City-ben, a Proof of Concept ("PoC") kísérleteket fog végezni.



Ábra 14: Hordozható hidrogén patron

A Toyota és a Woven Planet számos megvalósítható módszert vizsgál a szén-dioxid-semlegességhez, és a hidrogént ígéretes megoldásnak tartják. A hidrogént megújuló energiaforrások, például szél-, nap-, geotermikus és biomassza felhasználásával állítják elő, a CO₂-kibocsátás a gyártási folyamat során is minimálisra csökken. A hidrogén felhasználható tüzelőanyag-cellás rendszerekben villamos energia előállítására, és tüzelőanyagként is használható.

A Toyota és a Woven Planet az ENEOS Corporationnel közösen egy átfogó hidrogénalapú ellátási lánc kiépítésén dolgozik, amelynek célja a gyártás, a szállítás és a mindennapi használat felgyorsítása és egyszerűsítése. Ezek a kísérletek a Woven City lakosainak és a környező településeken élőknek az energiaszükségleteinek kielégítésére összpontosítanak majd.

A hidrogénpatronok használatának előnyei

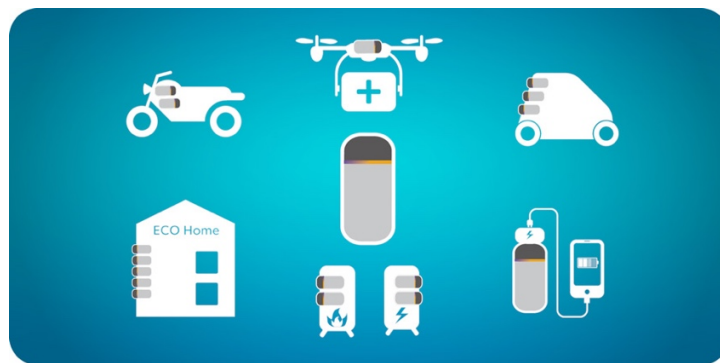
- Hordozható, megfizethető és kényelmes energia, amely lehetővé teszi, hogy a hidrogént csővezetékek nélkül eljuttassuk oda, ahol az emberek élnek, dolgoznak és játszanak
 - A prototípus méretei: 400 mm (16") hosszú x 180 mm (7") átmérőjű
 - Célsúly: 5 kg (11 font)
- Cserélhető a könnyű csere és a gyors feltöltés érdekében
- A térfogat rugalmassága lehetővé teszi a mindennapi felhasználás széles skáláját

- A kisméretű infrastruktúra képes kielégíteni az energiaszükségleteket távoli és nem villamosított területeken, és katasztrófa esetén gyorsan rendelkezésre állhat.

A hidrogénpatron következő lépései

A japán kormány számos tanulmányon dolgozik a hidrogén biztonságos bevezetésének elősegítése érdekében.

A Toyota célja, hogy a hidrogén általánossá váljon azáltal, hogy biztonságossá, kényelmessé és megfizethetővé tesszük ezt a tiszta energiaformát. Az alapul szolgáló ellátási lánc kialakításával céljuk, hogy megkönnyítsék a hidrogén nagyobb mennyiségű áramlását az energiapiacra. A Woven City a hidrogénpatronjai segítségével a mobilitást, az épület energetikai alkalmazásokat és számos olyan jövőbeli lehetőséget nyújtanak. [Toyota, 2022]



Ábra 15: Hidrogén patron felhasználási területei

A projekt végső célja egy szén-dioxid-semleges társadalom megvalósítása, ahol mindenki hozzáférhet a tiszta energiához, először Japánban, majd az egész világon. A Toyota és a Woven Planet célja, hogy a Woven Cityben és környékén emberközpontú bemutatókkal dolgozza ki a legjobb gyakorlatokat a tiszta hidrogénenergia mindennapi életbe való beépítésére. Ezek a valós életből származó tapasztalatok segítenek majd megtanulni, hogyan lehet a hidrogént a legjobban átalakítani egy megszokott, jól használt és szeretett energiaformává.

A hordozható hidrogénpatron prototípusa a Super Taikyu Series 2022-ben mutatták be a Fuji Speedway-en. A távolkeleti országban rengeteg energiát fordítanak arra, hogy megtanítsák az embereknek, hogyan működik a hidrogénenergia, és segítsék őket elképzelni, milyen számtalan módon válhat a hidrogén a mindennapi életük hasznos részévé. A Woven City jövőváros koncepciójáról az [5. Melléklet] tartalmaz több információt

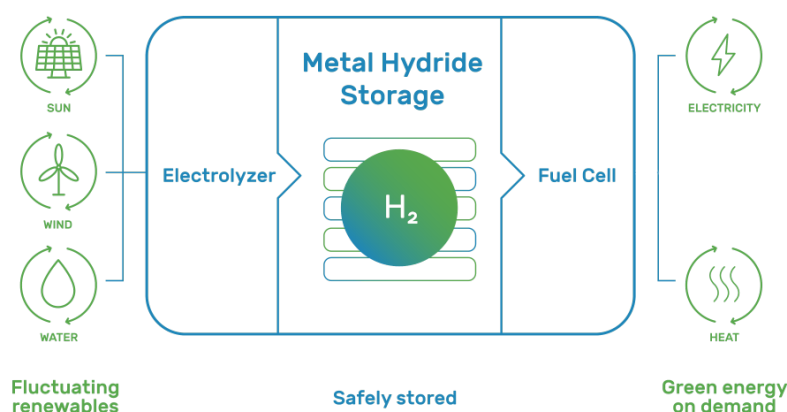
2.5.3 Fém-hidrid energiatárolás

[gknhydrogen.com, 2023]

A hidrogén úttörőjeként a GKN Hydrogen biztonságos hidrogéntároló rendszereket fejlesztett ki. A szélből, vízből és a naptól származó zöld energiát hidrogénné alakítják át, a hidrogénmolekulák az egységbe áramlanak, és szilárdan elnyelődnek a fémrácsban. A fém-hidridek évtizedekig képesek veszteségek nélkül működni, ezek az egyik legmegbízhatóbb és legbiztonságosabb módja a hidrogén tárolásának.

A hidrogén szükség esetén energiává alakítható, vagy a hidrogén közvetlenül hővé is átalakítható, így könnyedén képes felmelegíteni egy lakóházat.

A fém-hidrid megoldás előnye, hogy egy alacsony hőmérsékletes tároló rendszer, ami az elektrolízis és az üzemanyagcellák nyomásszintjén üzemel.



Ábra 16: GKN Fém-hidrid alapú tárolás

A GKN legkisebb rendszere óránként 1-4 kg H₂ gázt képes előállítani elektrolízissel, 10-25kg H₂ gázt képes tárolni a fém-hidrid szerkezetében, és 7kW elektromos teljesítményt képes leadni 60 órán keresztül.

2.6 Hidrogén felhasználása elektromos áram termelésére

A hidrogént tipikusan felhasználhatjuk közvetlen égetéssel, illetve elektrokémiai folyamatok segítségével mechanikai, vagy elektromos energia előállítására, melyek mind tiszta, környezetbarát megoldást nyújtanak az energia előállításra és felhasználásra:

1. **Tüzelőanyagcellák (Fuel Cells):** A hidrogénalapú tüzelőanyagcellák a legelterjedtebb és jól ismert módszerek közé tartoznak az elektromos áram előállítására. Ezek a rendszerek hidrogént használnak üzemanyagként, amelyet elektrokémiai reakció során elektromos energiává alakítanak át. A leggyakoribb tüzelőanyagcella típusok közé tartozik a protoncserélő membrános (PEMFC), szilárdelektrolitos (SOFC), és alkálifoszfátos (AFC) tüzelőanyagcella. Ezek a

rendszerek különböző alkalmazásokban használhatók, például járművekben, ipari folyamatokban és települési energiatermelésben.

2. Hidrogéngáz égése:

- Elektromos energia előállítása: Hidrogén égése során elektromos áramot is előállíthatunk egy hagyományos hőerőműben vagy egy kombinált ciklusú erőműben. A hidrogéngázot égetik, és a keletkező hőenergiát hőerőműben hasznosítják hőenergia alapú áramtermeléshez. Az így előállított gőz hajtja meg turbinát, amely pedig egy generátort mozgat, így elektromos áramot termelnek.
- Mechanikai energia előállítása A hidrogén belsőégésű motorokat olyan járművekben is alkalmazzák, amelyek hidrogént használnak üzemanyagként. Ezek a motorok a hidrogént égetik, és mozgást hoznak létre, amely elektromos generátorral együttműködve elektromos áramot termel.
- Hőenergia előállítása: A hidrogén égetésével természetesen hőenergiát is előállíthatunk. Ehhez egy erre felkészített kazánra, vagy berendezésre van szükség.

Az előnye ennek a módszernek az, hogy hidrogént használva tiszta, környezetbarát elektromos áramot lehet termelni, és a melléktermék csak víz.

A felsoroltakon kívül számos egyéb módszer, illetve prototípus fejlesztés létezik, azonban a diplomadolgozatban ezekkel terjedelmi okokból nem foglalkozok

2.6.1 Tüzelőanyagcellák működése, hatékonysága

A tüzelőanyagcellák (Fuel Cells, FC) olyan elektrokémiai eszközök, amelyek hidrogént és oxigént használnak fel elektromos áram előállítására. A tüzelőanyagcellák működése alapvetően tiszta és hatékony, és több típusa létezik, amelyek különböző alkalmazásokhoz és környezeti feltételekhez igazodnak. Az egyik legfontosabb tulajdonságuk a környezetbarátság, mivel a melléktermék csak víz, és nem keletkezik szén-dioxid vagy egyéb szennyezőanyag a működés során.

Az alábbiakban a tüzelőanyagcellák működési elvét, típusait és hatékonyságát ismertetem:

Működési elv: A tüzelőanyagcella működése egy elektrokémiai folyamaton alapul. A leggyakoribb típusok közé tartozik a protoncserélő membrános (PEMFC) és a szilárdelektrolitos (SOFC) tüzelőanyagcella. A működési elv általános lépései a következők:

1. **Hidrogénről szóló folyamat:** A hidrogén üzemanyag oldalon kerül be a cellába, ahol elektrokémiai reakció során hidrogénionok (protonok) és elektronok keletkeznek a hidrogén oxidációja során.
2. **Protonátvitel:** A protonok egy membránon átjutnak a pozitív pólushoz (katódhoz), míg az elektronok egy áramkört alkotnak a negatív póluson (anódon).
3. **Oxigénről szóló folyamat:** Az oxigén levegőből a katód oldalon reagál a protonokkal és elektronokkal, létrehozva vizet.
4. **Elektromos energia termelése:** Az elektronok (töltések) a zárt áramkörben áramlanak, és elektromos áramot termelnek, amelyet egy külső terhelés (például egy elektromos motor, akkumulátor vagy egy háztartási készülék) megfelelő feszültség szintre és frekvenciára való átalakítással használhat. Ezeket az átalakításokat transzformátorok és inverterek segítségével tudjuk elérni.

Típusok:

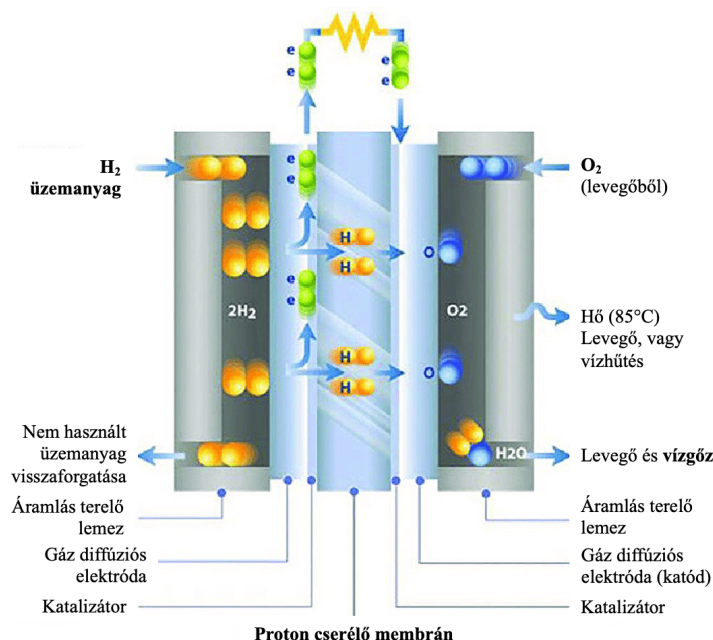
- **Protoncserélő membrános (PEMFC) tüzelőanyagcella:** Alacsony működési hőmérsékleten működik (kb. 80-100°C), így gyorsan indul és könnyen szabályozható. Gyakran használják járművekben, hatékonyságuk 50-60%.
- **Szilárdelektrolitos (SOFC) tüzelőanyagcella:** Magasabb hőmérsékleten működik (kb. 600-1000°C) és szilárd elektrolitot használ. Nagy hatékonyságot (60-90%) és hosszú élettartamot biztosít (akár 30 év), de lassabban indul, és nehezebben szabályozható. Gyakran ipari és települési alkalmazásokban használják.

A tüzelőanyagcellák általában nagy hatékonysággal működnek, akár 60-90% hatásfokot is elérhetnek, mert a hidrogén és oxigén közötti elektrokémiai folyamatok hatékonyan alakítják át a kémiai energiát elektromos energiává, anélkül hogy hőveszteség keletkezne (mint a hagyományos égési folyamatoknál).

Azonban a teljes rendszer hatékonysága, amely magában foglalja a hidrogén előállítását, tárolását és a célalkalmazást, valamint az elektromos áramátalakítást is, lehet kisebb a tüzelőanyagcella hatékonyságánál. Az üzemanyag előállításához például elektrolízist alkalmaznak, ami energiaigényes lehet. Ezenkívül a hidrogént szállítani és tárolni is kell, ami további energiaveszteséget okozhat. Ennek ellenére a tüzelőanyagcellák továbbra is ígéretes technológia a tiszta elektromos áramtermelés területén, különösen akkor, ha a hidrogént megújuló energiaforrásokból állítják elő.

2.6.2 Energiaátalakítás PEMFC-vel

A PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell) vagy protoncserélő membrános tüzelőanyagcella hidrogént használ üzemanyagként, és elektromos energiává alakítja azt elektrokémiai folyamatok során.



Ábra 17: PEM üzemanyagcella

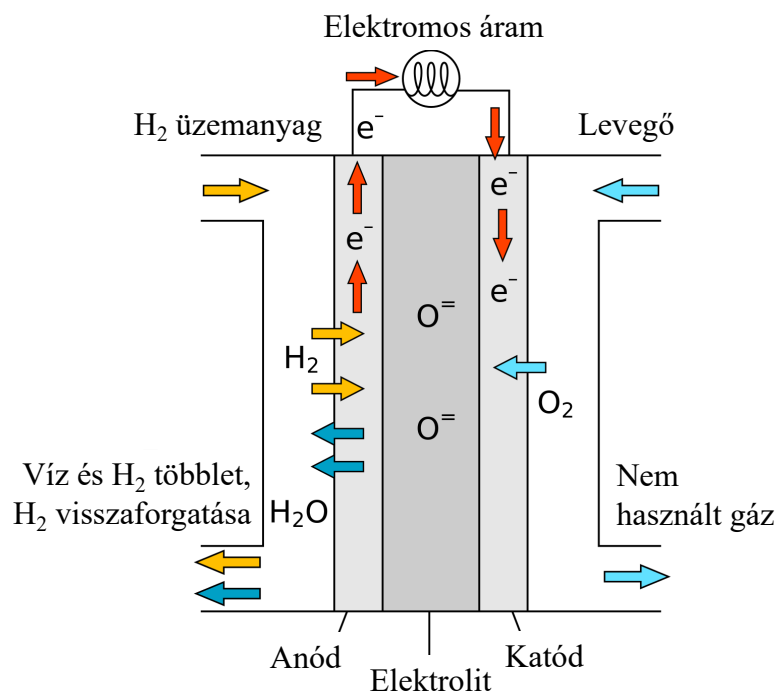
A PEMFC energiaátalakítása a következő lépésekből áll: A PEMFC üzemanyag oldalára hidrogént szállítanak, ami az üzemanyag cellába jut. A hidrogén itt reakcióba lép egy platina-katalizátorral, és hidrogénionok (protonok) és elektronok keletkeznek. A protonok a membránon keresztül diffundálnak a pozitív pólushoz (katódhoz). Az elektronok nem tudnak átjutni a protoncserélő membránon, így azok az anód oldalon maradnak. Az elektronok ezután kívülről áramkört alkotnak, amely az elektromos terhelést hajtja meg. A katód oldalára oxigént szállítanak, ami az elektrokémiai reakció másik résztvevőjeként szolgál. A katód oldalán hidrogén és oxigén reakcióba lép, és ezekből víz (H_2O) keletkezik. A protonok és az elektronok áramkört alkotnak, amelyen keresztül elektromos áram termelődik. Az elektromos áram a kimeneti áramkörben használható például elektromos motorok vagy elektronikus eszközök meghajtására.

A PEMFC működése során a hidrogén és oxigén reakciója tiszta és hatékony, és a melléktermék csak víz. Az energiaátalakítás hatékonysága a PEMFC esetében általában 50-60% körül mozog, ami jelentős előny a hagyományos égésmotorokhoz képest.

Fontos megjegyezni, hogy a PEMFC működtetéséhez szükséges hidrogén tiszta forrásból (például vízbontással megújuló energiaforrásokból) származtatható, hogy maximálisan környezetbarát legyen a folyamat. A PEMFC-t alkalmazzák járművekben, ipari alkalmazásokban, és mobil elektromos eszközökben, ahol csendes működés, nullaszén-dioxid-kibocsátás és hatékony energiaátalakítás szükséges. [Barbir, 2013]

2.6.3 Energiaátalakítás SOFC-vel

A szilárdelektrolitos (SOFC) üzemanyagcella elveiben nagyon hasonló módon működik, mint a PEMFC, annyi különbséggel, hogy a folyamat itt alapvetően nagyobb hőmérsékleten megy végbe, és az elektrolit anyaga a pozitív töltésű oxigén ionokat képes átengedni. [en.wikipedia.org, 2023]



Ábra 18: SOFC elvi működése

Az SOFC üzemanyag oldalára hidrogént szállítanak, ami az üzemanyag cellába jut. A hidrogénmolekulák diffundálnak a szilárd oxid membrán felé. Ezek a diffundáló molekulák ionizálódnak a membrán felületén, elveszítik elektronjaikat és H⁺ ionokká válnak. Az elektronok ezután kívülről áramkörön keresztül képesek elektromos fogyasztót meghajtani. Fontos, hogy a membrán tartja a H⁺ ionokat a levegőtől elszigetelve. Levegőoldalon oxigénmolekulák diffundálnak a szilárd oxid membránhoz. A membránban a hidrogénionok és oxigénionok reakcióba lépnek, és vizgőzt hoznak létre: $2H^+ + O_2^- \rightarrow H_2O$

Az SOFC kihívásai a magas hőmérséklet, tartósság és az anyagok ellenállása, melyekre folyamatos fejlesztések, kutatások történnek. [Hye, 2023]

2.7 Fűtés hidrogénnel

A hidrogént potenciális fűtési forrásként lehet használni, különösen olyan esetekben, ahol a tiszta energia és a szén-dioxid-kibocsátás csökkentése a cél. Azonban a hidrogénnel történő fűtésnek előnyei és kihívásai is vannak, és számos technológiai és infrastrukturális változásra van szükség a hatékony és fenntartható hidrogénfűtés megvalósításához.

Előnyök:

1. Környezetbarát: Amikor hidrogén ég, a fő melléktermék a vízgőz, tehát a hidrogén égetése során nincs szén-dioxid vagy más káros anyag kibocsátása.
2. Hatékonyság: Az üzemanyagcellás fűtési rendszerek hatékonyan alakítják át hidrogént és oxigént elektromos árammá és hővé, ami különösen tiszta és hatékony energiaforrást eredményez.

Kihívások:

1. Hidrogén előállítás: A hidrogént elő kell állítani, és jelenleg a legelterjedtebb módszer a szénhidrogén reforming, ami a fosszilis üzemanyagokat használja. A fenntartható hidrogén előállítása, például elektrolízissel, még fejlesztésre szorul.
2. Infrastruktúra: Az infrastruktúra kiépítése és alkalmazkodása a hidrogénnel történő fűtéshez és elosztáshoz kihívást jelenthet, mivel új rendszerek és tárolók szükségesek.
3. Tárolás: A hidrogén alacsony sűrűsége miatt hatékony tárolási megoldásokat igényel. Nagynyomású tartályok vagy folyékony hidrogén tárolás szükséges lehet.
4. Biztonság: A hidrogén könnyen gyulladó, és a tárolás és kezelés során biztonsági előírásoknak kell megfelelni.
5. Költségek: Az elektrolízis és a hidrogéninfrastruktúra kiépítésének költségei jelenleg magasak lehetnek.

A hidrogénnel történő fűtés jelenleg fejlesztési fázisban van, és az alkalmazott technológiák és megoldások további fejlődésre szorulnak. A hatékony hidrogénfűtés kulcsfontosságú

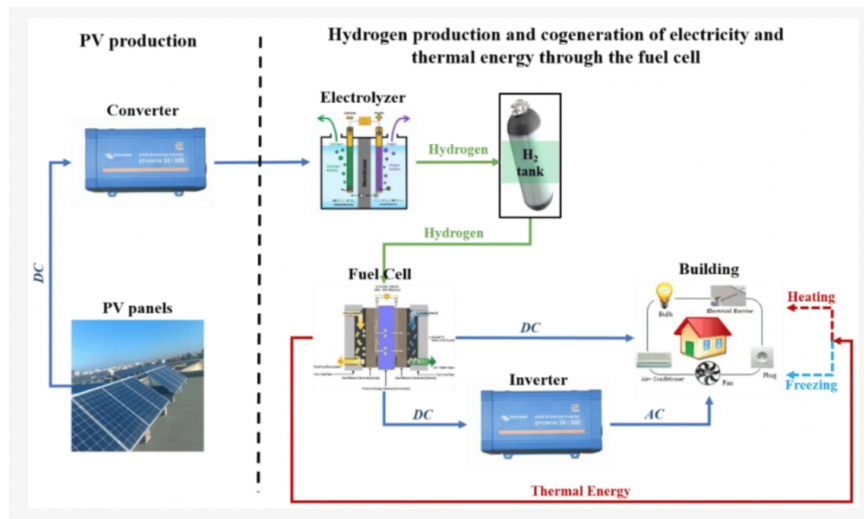
lehet a fenntarthatóbb és környezetbarátabb energiafogyasztás eléréséhez, különösen olyan területeken, ahol a hagyományos fosszilis üzemanyagok használata magas.



Ábra 19: A Bosch hidrogén üzemű vízmelegítője

2.8 Hidrogén ház projektek

Napjainkban számos kísérlet és fejlesztés zajlik a hidrogén előállításával, tárolásával és felhasználásával kapcsolatban. Ezek közül a legkomplexebbek a hidrogén ház projektek, melyekben egyszerre több terület, technológia fejlesztése és egymáshoz illesztése jelenti a megoldandó mérnöki feladatokat.



Ábra 20: Hidrogén ház projekt elvi rajz

2.8.1 Hidrogén ház projekt, Ausztrália

[hydrogenhouseaustralia.com, 2020]

Az ausztráliai hidrogénház projekt egy rönkház, amely a Blue Mountains nyugati lejtőin, Sydney-től nyugatra található. A villanyhálózatról leválasztott ház napenergiát és akkumulátortárolót használ az áramellátáshoz, valamint PB-gázt a főzéshez és a

vízmelegítéshez. A következő céljuk minden energiatárolást hidrogénre fognak átállítani. Ehhez a következőket tervezik:

- Az első lépés a napelemek korszerűsítése lesz, hogy megháromszorozzák a kapacitást.
- A jelenlegi energiafészket egy nagyobbra cserélik, hogy megfelelő tárolási, bemutatási és oktatási lehetőségeket biztosítsanak.
- A hidrogént a helyszínen tárolják majd, és a gyenge napsütés idején üzemanyagcellákat használnak majd az áramtermelésre.
- Végül a cseppfolyósított gáz helyett hidrogént közvetlenül fogják használni a vízmelegítéshez és a főzéshez.

2.8.2 Hidrogén ház projekt, Olaszország

[napoli.republica.it, 2022]

A Sannioi Egyetem megvalósította a tiszta hidrogénnel működő szilárdoxid-üzemanyagcellás „mikro-kondenzátor” első valós épületre történő telepítését, ami jelenleg 2 diáknak ad otthont, az életszerűséghez szükséges empirikus tapasztalatok gyűjtésére.

A projekt célja a hidrogénalapú technológiák kutatása, bevezetése és népszerűsítése.

A megújuló energia napenergiából és geotermikus forrásokból történő előállítása mellett egy 100 százalékosan hidrogénnel működő üzemanyagcellát is telepítettek az épület energiaigényének kielégítéséhez szükséges villamos energia és hő együttes előállítására. Ez az első ilyen jellegű kísérleti létesítmény Európában, egy valódi épületen, amely "technológiai tornateremmé" válik, és a legfejlettebb technológiák segítségével teljes mértékben felügyelnek, hogy valós időben azonosítani lehessen a kritikus pontokat és a lehetőségeket a rendszerben lévő elemek továbbfejlesztéséhez, a hatékonyság javításához.



Ábra 21: Olaszországi hidrogénház

A projekt hozzájárul a fiatal kutatók új generációjának képzéséhez az éghajlatváltozás elleni küzdelemben".

3 Hidrogén ház energetikai méretezése

A háztartások energifogyasztása jelentősen változhat a méretüktől, a lakóhely földrajzi elhelyezkedésétől, az energiatakarékossági szokásoktól és az alkalmazott technológiáktól függően. Az alábbiakban általánosan megszokott energiafogyasztási forrásokat és a hozzájuk kapcsolódó fogyasztási adatok vannak összegyűjtve.

1. **Elektromos energia (világítás, háztartási eszközök, elektronikai eszközök):** A modern háztartások jelentős része az elektromos energiaforrásokat használja mindennapi tevékenységekhez. Az elektromos energiafogyasztás évente átlagosan 3000-12000 kWh között változhat, attól függően, hogy milyen típusú háztartási eszközök vannak jelen és mennyire energiatakarékosak.
2. **Fűtés és hűtés:** Az otthoni fűtés és hűtés jelentős része az energiaköltségeknek. Az energiafogyasztás ezen területen nagyban függ az épület szigetelési minőségétől, a klímaberendezések hatékonyságától és a használati szokásoktól. A fűtési szezonban éves szinten 10,000-30,000 kWh is elképzelhető.
3. **Melegvíz-ellátás:** A melegvíz előállítása is energiaigényes folyamat. Ez az energiaigény a háztartási mérettől, a melegvízhasználat gyakoriságától és a használt melegvíz-előállítási módszertől függ. Éves szinten a melegvíz-ellátás átlagosan 6000-15000 kWh lehet.
4. **Konyhai berendezések:** A hűtőszekrény, sütő, mikrohullámú sütő, mosogatógép és más konyhai eszközök használata szintén hozzájárul az energiafogyasztáshoz. Az éves energiafogyasztás ezen területen átlagosan 1000-3000 kWh lehet.
5. **Elektromos autók:** fontos külön kezelni elektromos autók otthoni akkumulátor töltését, ugyanis ez egy számottevő fogyasztó lehet a létesítmény elektromos hálózatában. Ennek értéke 20kWh/100km-es fogyasztással, valamint évi 15000-30000km használattal számolva 3000-6000kWh
6. **Egyéb:** Ezen kívül az otthonokban lévő egyéb eszközök, például mosógépek, szárítógépek, számítógépek, televíziók stb. is hozzájárulnak az energiafogyasztáshoz. Az összesített energiafogyasztás jelentős mértékben változhat az egyéni szokásoktól és az otthon technológiai összetételétől függően.

Fontos megjegyezni, hogy az energiafogyasztás nagyban függ a háztartás egyéni viszonyaitól és szokásaitól. Az energiafogyasztás csökkentésére irányuló törekvések, mint

például az energiatakarékos eszközök és a hatékony épületszigetelés használata, jelentősen hozzájárulhatnak az energiamegtakarításhoz és a fenntarthatóbb energiahasználathoz.

3.1 Minta létesítmény energiafogyasztásának méretezése, meghatározása

Jelen dolgozatomban felhasznált létesítmény egy 101m² nettó alapterületű hétvégi ház. Ennek a háznak az energiaigényét fogom kiszámolni, illetve megbecsülni a rendelkezésemre álló adatokból, felhasználási szokásokból a WinWatt energetikai szoftver segítségével.

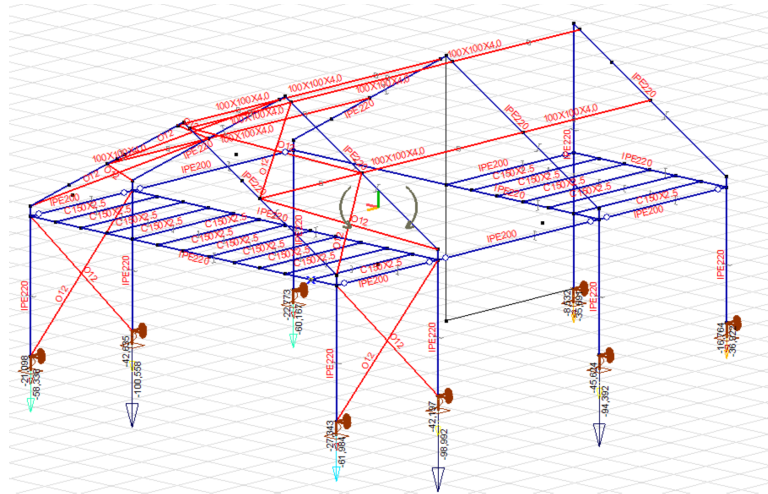


Ábra 22: Létesítmény látványterve

3.1.1 Létesítmény bemutatása

Az épület: teherhordófalait statikai leírás szerint előre gyártott acélszerkezetből, műanyag külső nyílászárókkal, előre gyártott acél fedélszékkal kialakított nyeregtetős formálású, lemezcseréppel borított tetőzettel valósították meg.

Az épület külső megjelenésében ragasztott lábazati kőburkolat, fa homlokzatburkolati felületek és antracit színű lemezcserép tetőfelületek jelennek meg. A műanyag nyílászárók antracit színben készültek. Az alumínium ereszcatornák és lefolyócsövek szintén antracit színben készültek. Az épület alaprajzát az [1. melléklet] mutatja.



Ábra 23: Az épület támaszerői

Energetikai szempontból mérvadó alapozás a következő elvek szerint történt:

- 1,2m mély vasalt pontalap a tartószerkezet lábainál (a létesítmény egy vulkanikus eredetű hegyoldalban van, néhány lábnál szilárd kőzet volt található az előírt méret alatt)
- Tömörítés, 20 cm vastag kulékavics
- Szerelőbeton, 25 cm vastagságban. Szerelőbetonon gépészeti, elektromos és HMV csövek lefektetése
- 10 cm-es szigetelés
- párazáró fólia
- Vasalat, majd erre kiöntött padlóbeton kb 15 cm vastagságban
- Padlóbetonon parketta illetve kerámia járólapok helyiségektől függően

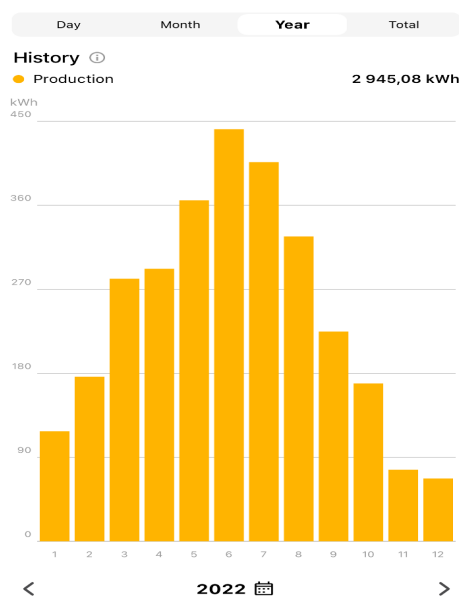
A létesítmény falszerkezete a következők szerint áll össze, kívülről befelé haladva:

- Két rétegben, elcsúsztatott 2cm vastag dekorációs faburkolat
- 2cm nem zárt légrés
- Bordás, önhordó szendvicspanel, 15 cm-es, 0,4mm-es alumínium fegyverzettel, PIR-RF szigetelőanyaggal, 0,0224 W/mK hővezetési mutatóval.
- 10 cm kőzetgyapot
- Párazáró fólia
- Gipszkarton, belülről glettelve, csiszolva, festve

A belső válaszfalak 10cm-es profilba ágyazott kőzetgyapot, két oldalán gipszkartonnal befedve. Hálófülkékben extra hangszigetelő réteggel, vizes helyiségben nedvességtűrő gipszkartonnal.

Főbb gépészeti berendezések:

- Hideg-melegvíz előállítására Ariston Lydos Hybrid hőszivattyús elektromos vízmelegítő (COP: 1,89)
- A ház nyeregtetőjén DNY-i tájolóval 4kW napelem került felhelyezésre
- Fűtés-hűtés biztosítása hőszivattyús Gree split klímákkal
 - Hőteljesítmény: 5,3kW, SCOP: 5.7, SEER: 7.6
 - Hőteljesítmény: 7.1kW, SCOP: 5.4, SEER: 7.0
- Kiegészítő fűtések
 - 500W-os elektromos fűtőtest
 - 1000W-os elektromos fűtőtest
 - 2000W-os elektromos fűtőtest



Ábra 24: Telepített 4kW-os napelem 2022-es termelt teljesítménye

3.1.2 Energiaigény meghatározása

[Baumann, 2009], [Dr. Becker, 2007], [Lovas, 2017], [bausoft.hu], [muszeroldal.hu]

A WinWatt alkalmazás Kócsag verzióját használva az épület alap adatait részletesen felvettem:

- Létrehoztam a szerkezeti elemeket (külső, belső falak, ajtók, ablakok, padló, födém, ...egyebek), mindegyiket a valóságnak megfelelő, vagy ahhoz legjobban közelítő anyagokkal, illetve anyagi jellemzőkkel
- Ablakokat, külső falakat tájolással együtt, melyeket manuálisan ellenőriztem
- Felvettem az ismert áramtermelőket és hűtés-fűtés, valamint HMV fogyasztókat
- Helyiségeket a tervek szerint

Külső határoló szerkezetek számolt adatai:

Szerkezet megnevezés	Tájolás	Hajlás-szög	U	U*	A	ψ	L	$AU^* + L\psi$	$A_{\dot{u}}$	Q_{sd}	C
		[°]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[m ²]	[W/mK]	[m]	[W/K]	[m ²]	[kWh/a]	[MJ/K]
külső fal	ÉK	függőleges	0,102	0,102	43,8	-	-	4,5	-	-	0,3
ablak	ÉK	függőleges	0,87	0,845	2,9	-	-	2,4	2,2	145,3	0,0
külső fal	DK	függőleges	0,102	0,102	31,3	-	-	3,2	-	-	0,2
bejárati ajtó	DK	függőleges	1	1	2,5	-	-	2,5	-	-	0,0
ablak	DK	függőleges	0,85	0,826	3,4	-	-	2,8	2,7	233,7	0,0
ablak	DK	függőleges	1,07	1,03	0,9	-	-	0,9	0,5	86,9	0,0
ablak	DK	függőleges	1,09	1,05	0,7	-	-	0,8	0,4	67,1	0,0
külső fal	DNY	függőleges	0,102	0,102	34,3	-	-	3,5	-	-	0,2
ablak	DNY	függőleges	0,88	0,855	2,3	-	-	1,9	1,7	234,7	0,0
Ablak	DNY	függőleges	1,18	1,14	0,4	-	-	0,4	0,2	25,6	0,0
külső fal	ÉNY	függőleges	0,102	0,102	33,0	-	-	3,4	-	-	0,2
ablak	ÉNY	függőleges	0,88	0,855	4,5	-	-	3,8	3,4	230,5	0,0
ablak	ÉNY	függőleges	1,18	1,14	0,7	-	-	0,8	0,3	21,6	0,0
padlás födém	ÉK	30°	0,104	0,104	45,3	-	-	4,7	-	-	0,3
padlás födém	DNY	30°	0,104	0,104	67,5	-	-	7,0	-	-	0,4

Táblázat 1: WinWatt számított értékek külső határoló elemekre

Energia igény tervezési adatok:

Épület(rész) jellege: Lakóépület

A_N :	100.42 m ²	(Fűtött alapterület)
n :	0.50 1/h	(Átlagos légcsereszám a fűtési idényben)
σ :	0.90	(Szakaszos üzem korrekciós szorzó)
$Q_{sd}+Q_{sid}$:	$(0,25 + 0) * 0,5 = 0,13$ kW	(Sugárzási nyereség)
q_b :	5.00 W/m ²	(Belső hőnyereség átlagos értéke)
$E_{vil,n}$:	0.00 kWh/m ² a	(Világítás fajlagos éves nettó energia igénye)
q_{HMV} :	30.00 kWh/m ² a	(Használati melegvíz fajlagos éves nettó hőenergia igénye)
A_{HMVr} :	20.00 m ²	(Csökkentett használati melegvíz igényű terület)
$n_{nyár}$:	3.00 1/h	(Légcsereszám a nyári idényben)
$Q_{sdnyár}$:	0,07 kW	(Sugárzási nyereség)

Fűtés éves nettó hőenergia igényének meghatározása

$$\Delta t_b = (Q_{sd} + Q_{sid} + Q_{b,\varepsilon}) / (\Sigma AU + \Sigma I\Psi + 0,35V_{dt}) + 2$$

$$\Delta t_b = (127 + 251,062) / (93 + 0,35 * 161,62) + 2 = 4.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_i: 14.6 \text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{Átlagos belső hőmérséklet})$$

$$H: 40022 \text{ hK/a} \quad (\text{Fűtési hőfokhíd})$$

$$Z_F: 2841 \text{ h/a} \quad (\text{Fűtési idény hossza})$$

$$Q_F = H[Vq + 0,35\Sigma V_{inf,F}]\sigma - P_{LT,F} \cdot Z_F - Z_F Q_{b,\varepsilon}$$

$$Q_F = 40,022 * (323,24 * 0,265 + 0,35 * 161,6) * 0,9 - 0 * 2,841 - 2,841 * 251,062 = 4,41 \text{ MWh/a}$$

$$q_F: 43.91 \text{ kWh/m}^2\text{a} \quad (\text{Fűtés éves fajlagos nettó hőenergia igénye})$$

Melegvíz-termelő rendszer

$$A_N: 100.42 \text{ m}^2 \quad (\text{a rendszer alapterülete})$$

$$q_{HMV}: 27.01 \text{ kWh/m}^2\text{a} \quad (\text{a melegvíz készítés nettó energia igénye})$$

Elektromos üzemű hőszivattyú, távozó levegő/friss levegő hővisszanyerővel (hatásfok 80 %)

$$e_{HMV}: 1.80 \quad (\text{H hőszivattyús elektromos áram})$$

$$e_{sus}: 0.10$$

$$C_k: 0.31 \quad (\text{a hőtermelő teljesítménytényezője})$$

$$E_k: 0.00 \text{ kWh/m}^2\text{a} \quad (\text{segédenergia igény})$$

$$\alpha_k(C_k e_{sus} + (1 - C_k)) = 1 * (0,31 * 0,1 + (1 - 0,31)) = 0,721$$

Elosztó vezetékek a fűtött téren belül, cirkulációval

$q_{HMV,v}$: 24.00 % (a melegvíz elosztás fajlagos vesztesége)

E_C : 1.13 kWh/m²a (a cirkulációs szivattyú fajlagos energia igénye)

Elhelyezés a fűtött térben, csúcson kívüli árammal működő elektromos boyler

$q_{HMV,t}$: 20.00 % (a melegvíz tárolás fajlagos vesztesége)

$$E_{HMV} = q_{HMV}(1 + q_{HMV,v}/100 + q_{HMV,t}/100)\Sigma(C_k\alpha_k e_{HMV}) + (E_C + E_k)e_v$$

$$E_{HMV} = 27,01 * (1 + 0,24 + 0,2) * 0,558 + (1,13 + 0) * 2,5 = 24.53 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$E_{HMV\text{ sus}} = q_{HMV}(1 + q_{HMV,v}/100 + q_{HMV,t}/100)\Sigma(C_k\alpha_k e_{HMV\text{ sus}}) + (E_C + E_k)e_{v\text{ sus}}$$

$$E_{HMV\text{ sus}} = 27,01 * (1 + 0,24 + 0,2) * 0,721 + (1,13 + 0) * 0,1 = 28.16 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

Hűtési rendszer

$A_{hü}$: 45.0 m² (a rendszer alapterülete)

$Q_{hü,n}$: 76,162 kWh/a (a gépi hűtés éves nettó energiaigénye)

$Z_{hü}$: 0 h (a hűtési idény hossza)

$V_{hü}$: 0.0 m³/h (a levegő térfogatárama)

Gree Comfort klíma 5,3kW

e_f : 1.80 (H hőszivattyús elektromos áram)

e_{sus} : 0.10

C_k : 0.14 (a hűtőgép teljesítménytényezője)

$Q_{hü,k}$: 0.00 kW (segédenergia igény)

$\epsilon_{H,szab}$: 0.000 (szabályozási veszteségtényező)

$\Delta p_{hü}$: 0 Pa (a rendszer áramlási ellenállása)

η_{vent} : 50.0 % (a ventilátor összhatásfoka)

$$E_{vent} = V_{LT}\Delta p_{LT}/3600/\eta_{vent}Z_{a,LT}/1000$$

$$E_{vent} = 0 * 0 / 3600 / 0,5 * 0 / 1000 = 0 \text{ kWh/a}$$

helyiségenkénti szabályozás

$f_{hü,sz}$: 5.00 % (a teljesítmény és a hőigény illesztésének pontatlansága miatti veszteség)

$$E_{hü} = (Q_{hü,n}(1 + f_{hü,sz}) + Q_{hü,v})/A_N * \Sigma C_k\alpha_k e_{hü} + (E_{vent} + E_{hü,s} + Q_{hü,k}Z_{hü})e_v/A_N$$

$$E_{hü} = (76,16 * (1 + 0,05) + 0) / 45 * 0,2466 + (0 + 0 + 0 * 0) / 45 * 2,5 = 0.44 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$E_{hü\text{ sus}} = (Q_{hü,n}(1 + f_{hü,sz}) + Q_{hü,v})/A_N * \Sigma C_k\alpha_k e_{hü\text{ sus}} + (E_{vent} + E_{hü,s} + Q_{hü,k}Z_{hü})e_{v\text{ sus}}/A_N$$

$$E_{hü\text{ sus}} = (76,16 * (1 + 0,05) + 0) / 45 * 0,0137 + (0 + 0 + 0 * 0) / 45 * 0,1 = 0.02 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

Hűtési rendszer 2, 3-as split klíma

$A_{hü}$: 40.0 m² (a rendszer alapterülete)

$Q_{hü,n}$: 76,162 kWh/a (a gépi hűtés éves nettó energiaigénye)

$Z_{h\hat{u}}$: 0 h (a hűtési idény hossza)

$V_{h\hat{u}}$: 0.0 m³/h (a levegő térfogatárama)

Gree Comforth 7,3kW

e_f : 1.80 (H hőszivattyús elektromos áram)

e_{sus} : 0.10

C_k : 0.14 (a hűtőgép teljesítménytényezője)

$Q_{h\hat{u},k}$: 0.00 kW (segédenergia igény)

$\varepsilon_{H,szab}$: 0.000 (szabályozási veszteségtényező)

$\Delta p_{h\hat{u}}$: 0 Pa (a rendszer áramlási ellenállása)

η_{vent} : 50.0 % (a ventilátor összhatásfoka)

$$E_{vent} = V_{LT} \Delta p_{LT} / 3600 / \eta_{vent} Z_{a,LT} / 1000$$

$$E_{vent} = 0 * 0 / 3600 / 0,5 * 0 / 1000 = 0 \text{ kWh/a}$$

helyiségenkénti szabályozás

$f_{h\hat{u},sz}$: 5.00 % (a teljesítmény és a hőigény illesztésének pontatlansága miatti veszteség)

$$E_{h\hat{u}} = (Q_{h\hat{u},n}(1 + f_{h\hat{u},sz}) + Q_{h\hat{u},v}) / A_N * \Sigma C_k \alpha_k e_{h\hat{u}} + (E_{vent} + E_{h\hat{u},s} + Q_{h\hat{u},k} Z_{h\hat{u}}) e_v / A_N$$

$$E_{h\hat{u}} = (76,16 * (1 + 0,05) + 0) / 40 * 0,2571 + (0 + 0 + 0 * 0) / 40 * 2,5 = 0.51 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$E_{h\hat{u} \text{ sus}} = (Q_{h\hat{u},n}(1 + f_{h\hat{u},sz}) + Q_{h\hat{u},v}) / A_N * \Sigma C_k \alpha_k e_{h\hat{u} \text{ sus}} + (E_{vent} + E_{h\hat{u},s} + Q_{h\hat{u},k} Z_{h\hat{u}}) e_{v \text{ sus}} / A_N$$

$$E_{h\hat{u} \text{ sus}} = (76,16 * (1 + 0,05) + 0) / 40 * 0,01429 + (0 + 0 + 0 * 0) / 40 * 0,1 = 0.03 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

Az épület(rész) összesített energetikai jellemzője

$$(\Sigma A_{F,i} * E_{F,i}) / A_N = (45,0 * 14,09 + 40,0 * 25,60 + 15,4 * 111,53) / 100,4 \text{ m}^2 = 33,63 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$(\Sigma A_{h\hat{u},i} * E_{h\hat{u},i}) / A_N = (45,0 * 0,44 + 40,0 * 0,51) / 100,4 \text{ m}^2 = 0,4 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$E_P = E_F + E_{H MV} + E_{vil} + E_{LT} + E_{h\hat{u}} + E_{+-} = 33,63 + 24,53 + 0 + 0 + 0,4 + -109,53$$

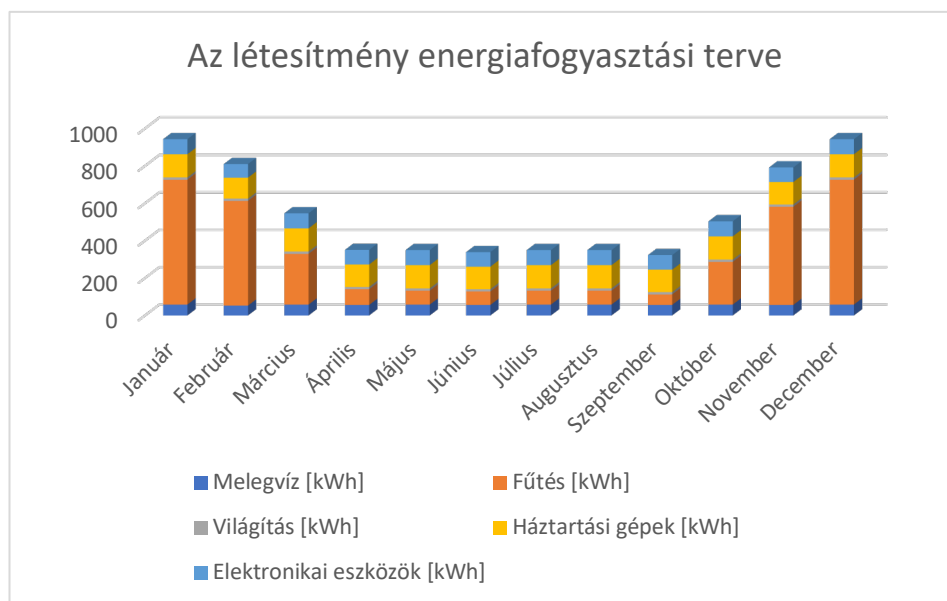
Ebből a fogyasztókat kiemelve:

$$E_P = E_F + E_{H MV} + E_{vil} + E_{LT} + E_{h\hat{u}} = 33,63 + 24,53 + 0 + 0 + 0,4 = 58,56 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

Éves teljes energiaigény teljes épületre: 58,56 kWh/m²a * 100,42m² = 5077,24 kWh/a

A teljes energetikai számítást a [2. Melléklet] mutatja.

Ebből az értékből hiányoznak az egyéb elektromos fogyasztók (sütő, főzőlap, világítás, mobil eszközök, mosogatógép, egyebek), amikre némi tartalékkal együtt +30%-ot felszámolok, így a méretezést 6600 kWh/a energiaigényre méretezem.



Ábra 25: Az ingatlan energiafogyasztási terve

Az értékeket táblázatba foglalva:

Lakóépület energiafogyasztása	Január	Február	Március	Április	Május	Június	Július	Augusztus	Szeptember	Október	November	December	Összesen
Melegvíz [kWh]	58	53	58	56	58	56	58	58	56	58	56	58	687
Fűtés [kWh]	668	560	271	84	74	72	74	74	56	228	525	668	3355
Világítás [kWh]	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	149
Háztartási gépek [kWh]	124	112	124	120	124	120	124	124	120	124	120	124	1460
Elektronikai eszközök [kWh]	81	73	81	78	81	78	81	81	78	81	78	81	949
Éves fogyasztás [kWha]													6600
havi átlag [kWh]	943	810	547	351	350	339	350	350	323	504	792	943	550
napi átlag [kWh]	30	29	18	12	11	11	11	11	11	16	26	30	18
napok száma	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	

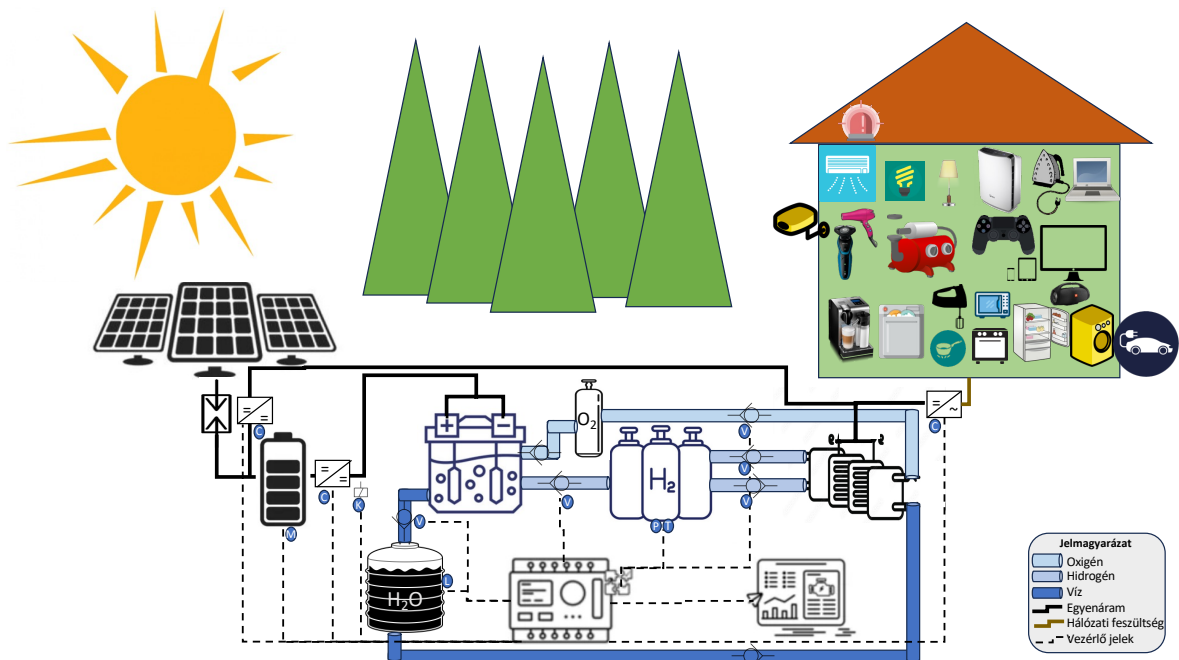
Táblázat 2: Lakóépület energiafogyasztás terve

3.2 Hidrogén ház energiaellátásának, és annak vezérlésének sematikus rajza

Az energiaellátó rendszer tervezésének alapját az előző fejezetben ismertetett adatok biztosítják.

A hidrogén ház tervezésénél az elméleti részben bemutatott elemek segítségével kezdtem el:

- Megújuló energiával – jelen esetben nappalelemekkel – energia előállítás, és annak eltárolása egy megfelelően méretezett akkumulátorban
- Elektrolizátor: A napenergiából nyert áramot megfelelő feszültségszintre hozva felhasználjuk vízbontásra.
- Energiahordozók tárolása: a kinyert hidrogént megfelelő tartályokban tároljuk. Az oxigént is tartályba vezetjük, hogy a folyamatban később az üzemanyagcella működéséhez rendelkezésre álljon nagy tisztaságú oxigén



Ábra 26: Létesítmény energiaellátásának biztosítása hidrogén felhasználásával

Az üzemanyagcellával a tárolt hidrogénből és oxigénből vizet csinálunk, amit visszavezetünk a víztartályba. A folyamat során keletkező energiát hálózati feszültségre alakítva a lakóépületünk rendelkezésére bocsátjuk. A fel nem használt energiát (feszültség átalakítás után) visszavezetjük az akkumulátorba, melyet egy töltésvezérlő felügyel

A kémiai folyamat elméletileg lehet zárt és veszteségmentes, ami azt jelenti, hogy a vizet bontjuk, és az elemeiből újra vizet tudunk előállítani.

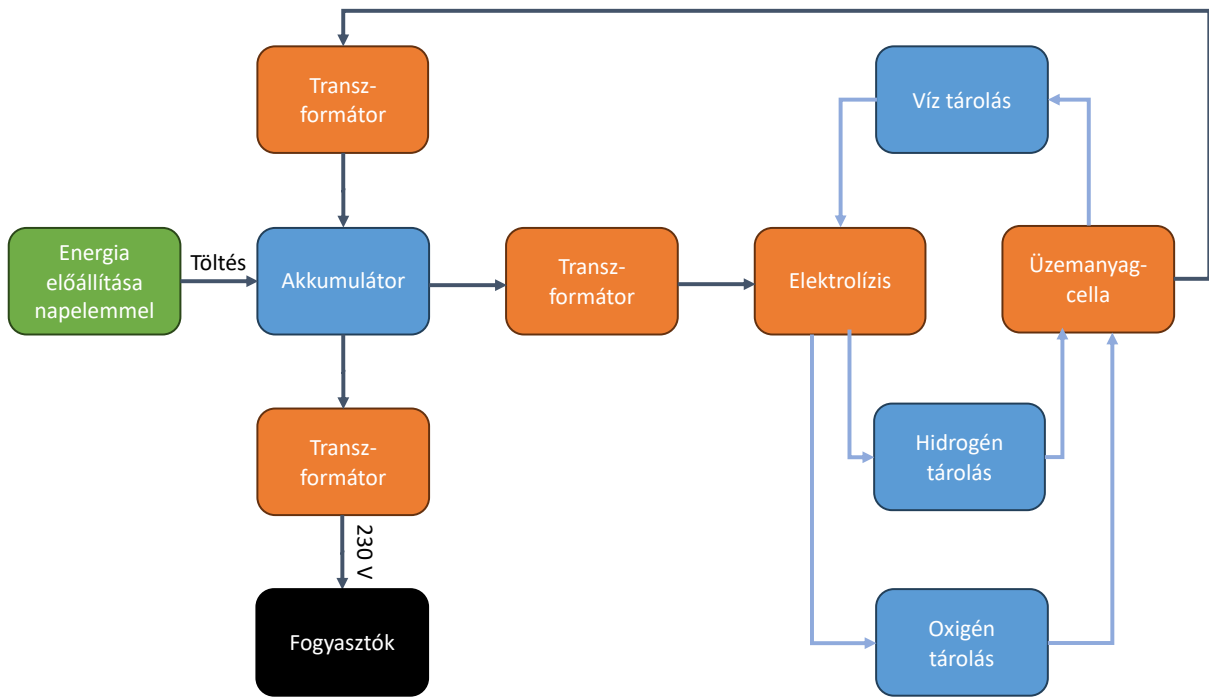
Mivel a folyamat kritikus, ezért a vezérlését egy ipari biztonsági PLC-vel terveztem megoldani.

3.3 Technológiai és gépészeti elemek méretezése

A méretezésnél a cél a ház teljes éves energiaellátásának biztosítása napelemek segítségével, úgy, hogy a nyáron megtermelt áramtöbbletet egy akkumulátorban eltároljuk. Az akkumulátor azonban úgy van méretezve, hogy 2-3 napnyi energiát tud eltárolni. Nyári, napos időszakban az energiát az akkumulátorból felhasználjuk, úgy, hogy vízbontással hidrogént és oxigént állítunk elő.

Az eltárolt hidrogént és oxigént a téli, kevésbé napos időszakokban üzemanyagcella segítségével visszaalakítjuk elektromos árammá, és töltjük vele az akkumulátort.

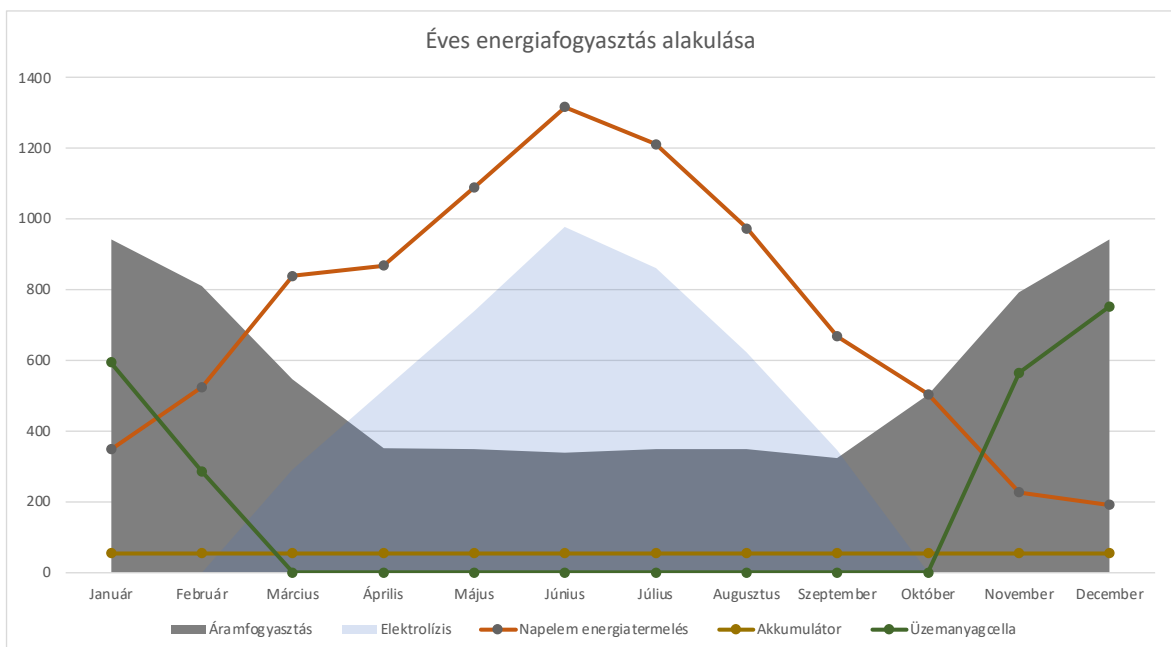
A ház energiafogyasztása az akkumulátorból történik, melyhez a megfelelő feszültséget egy inverter fog biztosítani.



Ábra 27: Energiaellátás folyamatábrája

Ideális esetben a víz-hidrogén-oxigén kör zárt, és önfenntartó, de a valóságban valószínű a veszteségek miatt szükség lesz tiszta víz pótlására.

Ezek alapján éves viszonylatban a következő diagram szerinti energia termelési viszonyokra van szükség a fogyasztás kielégítése érdekében.



Ábra 28: Éves energiafogyasztás alakulása

A rendszerben lévő elemeknek minden energiaátalakításnál vannak veszteségeik, amivel számolni kell.

3.3.1 Üzemanyagcella méretezése

Üzemanyag cella méretezésénél az elsődleges szempont, hogy télen, amikor a napelem nem termel elegendő energiát, akkor is tudja biztosítani a ház energiaellátását.

Ilyen szempontból az üzemanyag cella méretezését azokhoz a téli hónapokhoz kell igazítani, ahol a legkisebb a napenergia termelés, ugyanis az energiát csak a nyáron betárolt hidrogén segítségével tudjuk előállítani.

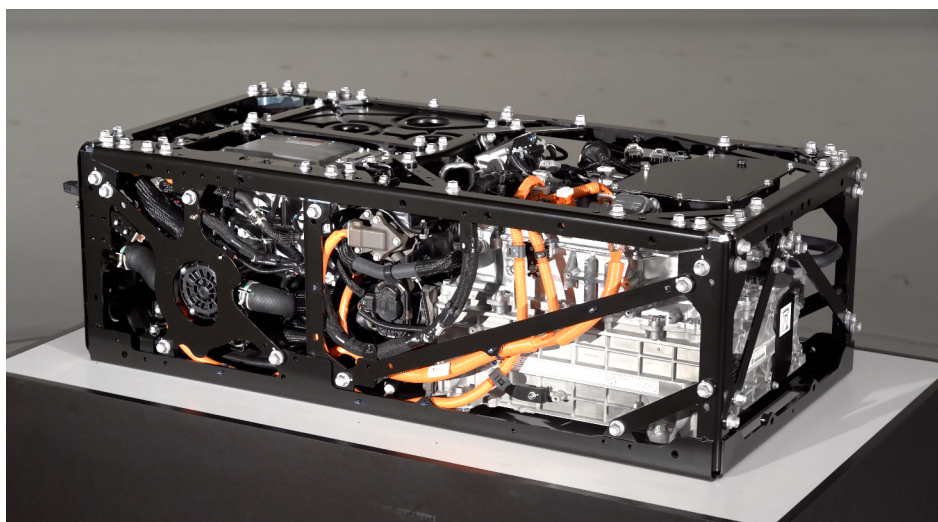
Jelen létesítményben a legnagyobb napi igény decemberben, 31 kWh. A tervezésnél nagyjából 20-30%-kal túlméretezem, hogy adott esetben extrémebb teleket is biztonsággal tudjon támogatni a rendszer.

$$Q_{\ddot{u}c} = Q_{\ddot{u}c \text{ Max}} * 1,3 = 31 \text{ kWh} * 1,3 = 40 \text{ kWh}$$

Ezek alapján olyan üzemanyagcellát kell keressek, ami napi szinten nagyjából 40 kWh elektromos energiát képes termelni

Napjainkban a Toyota rendelkezik több, mint 30 éves tapasztalattal az üzemanyagcellák terén, aminek következtében egyedülállóként képesek voltak piacra dobni üzemanyagcellás autót (Mirai), és emellett sok egyéb jármű projektet pilotolnak (H2 busz, H2 vonat, H2 hajó, stb...) [Tokuyama, 2020]

Jelenleg 2 üzemanyagcella típust forgalmaznak, típusonként 2 méretben. Feladatomhoz a 2-es típus kisebb méretét választottam.



Ábra 29: Toyota üzemanyagcellás rendszere [Henning, 2017]

A rendszer főbb tulajdonságai:

- Méretek: 1,270 x 630 x 410 mm
- Tömeg: 240 kg
- Kimeneti teljesítmény: 60kW
- Kimeneti feszültség: 400 V

Az üzemanyagcella segítségével előállított energia 1 kg hidrogén segítségével:

Elektromos energia = Hidrogén energiataralma * Elektromos hatásfokkal

A hidrogén energiataralma 120MJ, és a diplomamunkában szereplő PEMFC elektromos hatásfoka nagyjából 60%. Ebből adódóan

Elektromos energia = 120MJ * 0,6 = 72 MJ

1 kilowattóra (kWh) az 3,6 MJ-nak felel meg.

Elektromos energia (kWh) = (72 MJ / 3,6 MJ/kWh) \approx 20 kWh

Ezért 1 kilogramm hidrogénből körülbelül 20 kilowattóra elektromos energia nyerhető, ha a protoncserélő membrános üzemanyagcellákban (PEMFC) 60%-os elektromos hatásfokkal használják.

Ezek alapján a kiválasztott 60kWh-s Toyota berendezés 3 kg hidrogént fogyaszt el óránként a csúcsteljesítmény leadása közben.

A Toyota üzemanyag cella koncepciójáról a [3. Melléklet] mutat több részletet.

3.3.2 Tartályok méretezése

Hidrogén tartály méretezése

Egy 1000 literes (1 m³) tárolótartályban tárolható hidrogén mennyisége a tárolási körülményektől, többek között a nyomástól és a hőmérséklettől függ. A hidrogén sűrűsége e tényezők függvényében változik. Mind a sűrített gáz tárolására, mind a folyékony hidrogén tárolására vonatkozóan becsléseket adok:

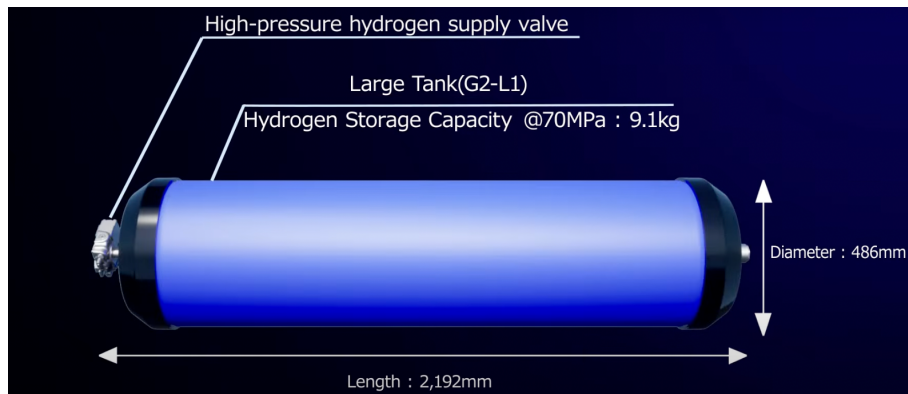
- Sűrített gáz tárolása
350 bar (35 MPa) nyomáson és szobahőmérsékleten (kb. 25 °C) a hidrogén sűrűsége körülbelül 42,8 kg/m³.
- Folyékony hidrogén tárolása

A folyékony hidrogént kriogén hőmérsékleten, körülbelül -253 °C -on (20 K) tárolják.

A folyékony hidrogén sűrűsége ezen a hőmérsékleten körülbelül $70,8\text{ kg/m}^3$.

A folyékony hidrogén tárolás általános használatú rendszerhez 20K -en nehezen megvalósítható (maga a hűtés, szigetelés), ezért csak a sűrített gázként történő tárolás jöhet szóba, azaz 48kg H_2 -t tudunk eltárolni egy köbméteres tartályban.

Tárolásra a Toyota kiforrott technológiáját lenne célszerű használni.



Ábra 30: Toyota hidrogén tároló rendszere

A Toyota a zöld mintavárosa számára kazettás rendszerként, 4-esével szállítja ezeket a tartályokat, melyeknek kapacitása $9,1\text{kg} \cdot 4$, azaz $36,4\text{kg}$

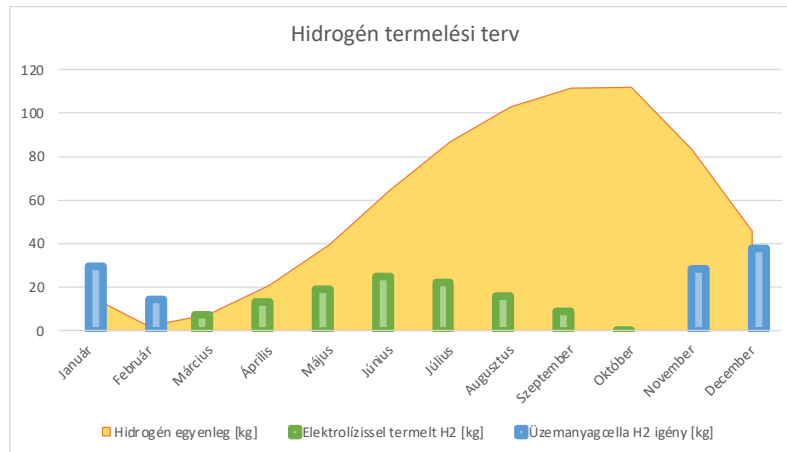
A tervezett energiafogyasztásból, valamint a napelem energiatermeléséből az alábbi hidrogén egyenleg állt elő:

kWh	Január	Február	Március	Április	Május	Június	Július	Augusztus	Szeptember	Október	November	December
Áramfogyasztás	943,1	809,9	546,6	350,9	349,8	338,9	349,8	349,8	322,9	503,8	791,9	943,1
Napelem energiatermelés	349,1	525,1	838,4	868,2	1089,0	1315,7	1211,3	972,6	668,3	504,2	226,7	190,9
Elektrolízisre fordítható energia	0,0	0,0	291,7	517,3	739,2	976,8	861,5	622,8	345,4	0,4	0,0	0,0
Elektrolízissel termelt H ₂ [kg]	0,0	0,0	7,5	13,3	19,0	25,0	22,1	16,0	8,9	0,0	0,0	0,0
Hidrogén egyenleg [kg]	16,1	1,9	7,5	20,7	39,7	64,7	86,8	102,8	111,7	111,7	83,4	45,8
Üzemanyagcella H ₂ igény [kg]	29,7	14,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,3	37,6
Üzemanyagcella termelt [kW]	594,0	284,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	565,2	752,1

Táblázat 3: Hidrogén igény megállapítása fogyasztási adatok és napenergia termelés alapján

A 3. táblázat a 2. táblázat fogyasztási adatait alapul véve kalkulálja ki a napelem energiatermelésének függvényében az elektrolízisre fordítható energiát, majd az ebből előállítható hidrogént kg-ba átszámolva.

A 26. ábrán látható ezek alapján a hidrogén termelési és fogyasztási terv, amelyből kiderül, hogy a legnagyobb tárolandó hidrogén mennyiség $111,7\text{ kg}$.



Ábra 31: Hidrogén termelési és fogyasztási terv

A Toyota által kifejlesztett kazettás hidrogén tartály 36,4kg hidrogént tud eltárolni, ezért az energiaellátás folyamatos biztosításához a téli időszakban minimum 3 darab kazettás modul kell. $3 \times 36,4\text{kg} = 109,2 \text{ kg}$, ami ugyan kisebb, mint a tervezett 117 kg, de ezt a téli fűtött hőmérséklet kismértékű csökkentésével kompenzálni tudjuk.

3.3.3 Oxigén tartály méretezése

A víz (H_2O) képlete két hidrogénatomot (H) és egy oxigénatomot (O) tartalmaz. Annak érdekében, hogy kiszámoljuk, hogy 1 kg vízhez hány kg oxigénre és víz molekulára van szükség, először meg kell határoznunk, hogy milyen tömege van a hidrogénnek és az oxigénnek a vízben.

Hidrogén (H): Kb. 1 g/mol (gramm/mol)

Oxigén (O): Kb. 16 g/mol

1 vízmolekula tömege: 2 hidrogénatom ($2 \times 1 \text{ g/mol}$) + 1 oxigénatom (16 g/mol) = 18 g/mol

Molekulák száma 1 kg vízben = $(1000 \text{ g}) / (18 \text{ g/mol}) \approx 55,56 \text{ mol}$

Hidrogén (H_2O) súlya a vízben: 2 hidrogénatom ($2 \times 1 \text{ g/mol}$) x 55,56 mol $\approx 111,12 \text{ g}$

Oxigén (O_2) súlya a vízben: 1 oxigénatom (16 g/mol) x 55,56 mol $\approx 888,96 \text{ g}$

Tehát 1 kg vízhez körülbelül 111,12 g hidrogénre és 888,96 g oxigénre van szükség. Ebből ki tudjuk számolni, hogy 117 kg hidrogénhez mennyi oxigén kell:

$117 \text{ kg} / 0,11112 \text{ kg} * 0,88896 \text{ kg} = 936 \text{ kg}$

Az oxigén tömege (m) és nyomása (P) alapján kiszámítható az oxigéntartály térfogata (V), ha használjuk az ideális gázegyenletet: $PV = nRT$

ahol:

p = nyomás (bar), jelenleg egy 10 bar-os tartály áll rendelkezésünkre

V = térfogat (liter)

n = anyagmennyiség (mol)

R = egyetemes gázkonstans (8,314 J/mol K)

T = abszolút hőmérséklet (Kelvin), jelen példában számoljunk 24°C-kal, azaz 297 K

Az oxigén molaritása (n) kiszámítható a következőképpen:

$$n = (pV) / (RT) \rightarrow V = nRT / p$$

n meghatározása az oxigén moláris tömegének (32 g/mol) ismeretében:

$$n = m / M = 936\,000 / 32 = 29250 \text{ mol}$$

Behelyettesítve a gázegyenletbe:

$$V = nRT / p = 29250 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ J/mol K} \cdot 297 \text{ K} / 100000 \text{ Pa} = 770 \text{ l} = 0,772 \text{ m}^3 \approx 0,8 \text{ m}^3$$

Azaz egy 0,8 m³-es 10 bar-os tartályt kell beszerezni az oxigén tárolására.

Az oxigéntároláshoz mindig az érvényes szabványokat és előírásokat kell követni.

3.3.4 Víz tartály méretezése

A víztartály méretét az előző fejezetben számoltak alapján könnyen meg tudjuk becsülni:

$$m_{\text{viz}} = m_o + m_h = 936\text{kg} + 117 \text{ kg} = 1053 \text{ kg}$$

mivel a víz sűrűsége 1000kg/ m³ ebből adódik, hogy nagyjából egy köbméteres tartály elegendő a folyamathoz szükséges víz tárolásához.

3.4 Elektrolízis berendezésének méretezése

A hidrogénbontás méretezéséhez fontos szempont, hogy a nyári legmelegebb napokban lévő többletenergiát át tudja alakítani a berendezés 24 óra alatt, azért, hogy a napenergia ne vesszen el, illetve ne kelljen irreálisan nagy akkumulátor kapacitást beépíteni.

Az elektrolízis berendezésének tervezésénél fontos megoldandó feladatok:

- Energiabetáplálás biztosítása (1 kg H₂ előállításához 39 kWh energia szükséges egy modern elektrolizáló készüléknek), megfelelő keresztmetszetű vezeték/csatlakozó kiállással
- Elektrolízishez megfelelő feszültség szint biztosítása
- A bontott hidrogén és oxigén biztonságos tárolása

Elektrolízishez a NelHydrogen berendezéseit választanám, ugyanis széles skálából lehet választani a különböző kapacitású egységek közül, valamint a NelHydrogen képes gyártani a leghatékonyabb berendezéseket, 39 kWh / kg előállítási energiaigénnyel (a legtöbb gyártó, beleértve a Toyotát 50 kWh körüli befektetett energiát igényelnek 1 kg H₂ előállításához), és 4 kilences tisztasággal.



	S10	S20	S40
Nominal Production Rate			
Nm ³ /h @ 0°C, 1 bar	0.27	0.53	1.05
SCF/h @ 70°F, 1 atm	10	20	40
SLPM @ 70°F, 1 atm	4.8	9.4	18.8
kg per 24 h	0.58	1.14	2.27
Production Capacity Dynamic Range	0-100% net product delivery (automatic)	0-100% net product delivery (automatic)	0-100% net product delivery (automatic)
Power Consumption by System	6.1 kWh/Nm ³ (16.3 kWh/100 ft ³)	6.1 kWh/Nm ³ (16.3 kWh/100 ft ³)	6.1 kWh/Nm ³ (16.3 kWh/100 ft ³)
Purity	99.9995%	99.9995%	99.9995%
O ₂ -Content in H ₂	< 1 ppm v	< 1 ppm v	< 1 ppm v
H ₂ O-Content in H ₂	< 5 ppm v	< 5 ppm v	< 5 ppm v
Dimensions – W x D x H	0.8 m x 1 m x 1.1 m	0.8 m x 1 m x 1.1 m	0.8 m x 1 m x 1.1 m
Ambient Temperature	5-40° C (41-104° F); Optional 5-50° C (41-122° F)	5-40° C (41-104° F)	5-40° C (41-104° F)
Delivery Pressure	13.8 barg (200 psig)	13.8 barg (200 psig)	13.8 barg (200 psig)
Electrolyte	Proton Exchange Membrane (PEM) – Caustic Free	Proton Exchange Membrane (PEM) – Caustic Free	Proton Exchange Membrane (PEM) – Caustic Free

Táblázat 4: NelHydrogen kompakt elektrolizátor [nelhydrogen.com, 2023]

A készülék kompakt méretéből adódóan teljesen megfelel egy lakossági alkalmazáshoz. Jelen igényeknek a PEM S20 készülék felel meg.

3.5 Akkumulátor méretezése

Az akkumulátor méretezésénél minimális cél, hogy a napi tárolás, illetve a napi energiaellátás biztosítva legyen, és folytonos tudjon maradni.

Ilyen megfontolásokból egy 30-40kWh akkumulátor beépítését tartom szükségesnek.

Ez a kapacitás viszonylag nagy, elhelyezése utólag nehézségekbe ütközik, így erre már tervezési fázisban is kell gondolni. Méretezési megfontolásokat a symtechsolar weboldalon találtak alapján vettem számításba. [www.symtechsolar.com, 2023]

3.6 Napelem méretezése

Az energiaigényből visszafelé vezetve jutottam el a napenergia előállításáig.

A példaépületemben a 10kW-nyi napelem panelt kellene felhelyezni a 3. táblázatban bemutatott számítások alapján. Mivel a napelem napjainkra széleskörűen elérhető, konvencionális termékké vált, a méretezéssel és a típusválasztással nem szándékozok sokat időzni, tipikus értékekkel fogok dolgozni.

Napjaink tipikus napelemei nagyjából 20% hatásfokkal képesek működni, ami azt jelenti, hogy az adott felületre beeső napsugarak energiájának mindössze 20%-át képes átalakítani elektromos energiává.

Egy napelem tábla felülete nagyjából $1,6\text{m}^2$, és teljesítménye 400W.

Szükséges napelemek száma: $10\text{kW}/400\text{W} = 25$ darab

Ez azt jelenti, hogy 25 darab napelem táblát kellene felhelyezni a tetőre, melynek összfelülete: $25 * 1,6\text{m}^2 = 40\text{m}^2$

A példaépület ÉK-DNY tájolású, érdemes lehet megfontolni néhány panel ÉK-i oldalra telepítését, ahol a délelőtti sugarakat le lehetne vadászni a nap délutáni 30°-os beeséséig. Mindenesetre a nem ideális, azaz a déli fekvéstől való eltérést mindenképpen kompenzálni kell.

3.7 Folyamatvezérlés

A rendszerben sok folyamat van, amelyeket szabályozni, vezérelni kell.

Ezek tekintetében a Siemens folyamatvezérlőit választanám, melyekkel nem csak a vezérlés eszközeit, hanem a folyamatok mérőberendezéseit (hőmérséklet mérő szenzorok, nyomás mérő szenzor) és beavatkozó szerveit (különböző vezérelhető szelepek) be lehet tervezni és jó eséllyel az eszközök integrációja sem okoz a beüzemelésnél problémát.

Méretezésnél fontos szempontok:

- Hőmérsékletmérés:
 - o Hőmérséklettartomány pontos megválasztása
 - o Eszköztípus meghatározása (hőelem, PTC, egyebek)

- Mérési elv meghatározása (2, 3, 4 vezetékes)
- Szükséges vezetékezés (hőálló/gumiköpeny), védőcsövezés megtervezése
- Nyomásmérés
 - Nyomástartomány meghatározása
 - Nyomásmérési elv meghatározása (differenciál nyomás, abszolút nyomás)
- Vezérelhető szelepek
 - Szelep keresztmetszet
 - Szelep vezérlése (analóg/digitális)
 - Szelep dinamikája (nyitási/zárási sebesség)
 - Vezérlés (buszos/diszkrét)

3.8 Biztonsági megfontolások

A hidrogén rendkívül veszélyes anyag, mely a levegő oxigénjével keveredve 10%-90% koncentráció között fokozottan robbanásveszélyes. Tiszta, oxigén mentes környezetben viszont fulladást okoz. A folyékony hidrogén tárolása a költségeken túl veszélyeket is hordoz magával, ugyanis kriogén anyag, 20K-en történik a folyékony tárolása, ami fagyási sérülésekhez vezethet. A hidrogén oldódik számos fémbe, amelyekben repedések keletkeznek, onnan pedig elszivárog, rossz esetben robbanásveszélyes elegyet alkotva.

4 Következtetések, javaslatok

Az elektrolízis különösen hasznos lehet a megújuló energiaforrásokkal (napenergia, szélenergia stb.) rendelkező helyeken, ahol a felesleges energiát hidrogén formájában lehet tárolni, majd azt később használni elektromos áram előállítására vagy más energiatermelési célra.

Az épületek energiaellátására hidrogén segítségével már jelenleg is léteznek kiváló berendezések, viszont rengeteg új technológia, mint például a szilárdtest elektrolízis jelenleg is fejlesztés alatt van, és amint megbízható termékkel a piacra tudnak jönni, újabb lökést adhat a hidrogén alkalmazására, mint energiaforrás.

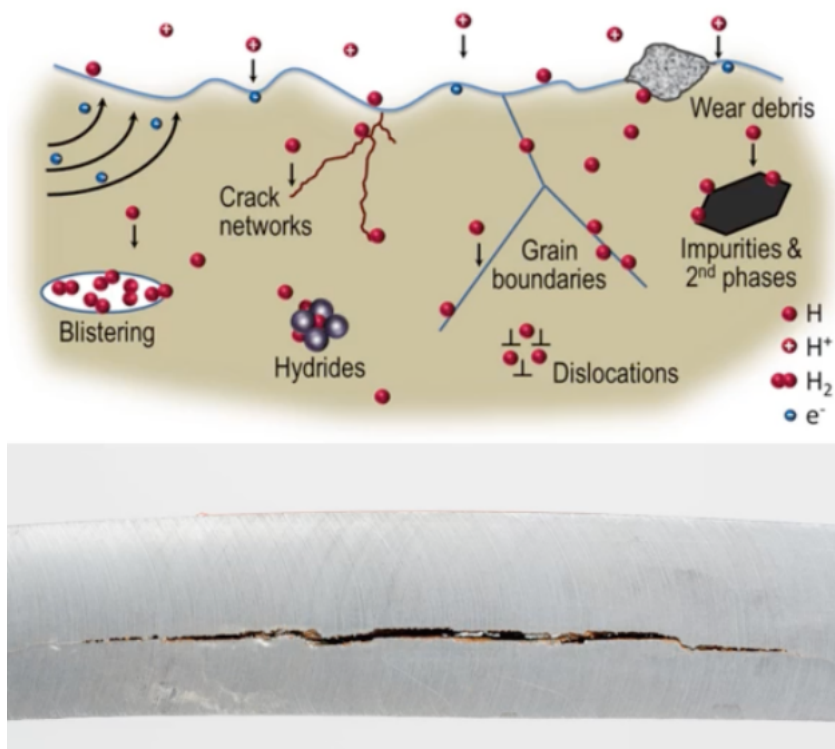
Bár a diplomamunkában igyekeztem sziget szerű, önálló rendszert kiépíteni, hosszú távon mégis megoldandó problémának kell hogy legyen a releváns infrastruktúra kialakítása.

Jelenleg az átalakítási veszteségek nagyok, ezeket csak megújuló energiákkal lehet költség oldalról elfogadni.

4.1 Hatékonyság, meg nem oldott problémák

Egy teljes, hidrogén alapú energiaátalakító és tároló rendszer kialakításának, hatékonyságának, és biztonságtechnikai feltételeinek biztosításának számos továbbfejlesztendő, optimalizálendő területe van.

- Hidrogén tárolása: A hidrogén tárolása során sok kihívásra kell odafigyelni, ami nagyrészt abból adódik, hogy nagyon kicsi molekula. A tárolás során a következő problémák léphetnek fel:
 - A felületre törmelékek kerülhetnek felhordásra, ami nem kívánt reakciókat eredményezhet
 - Hajszáltrepedések, hálózatok keletkezhetnek nem megfelelő anyagminőség esetén, ami szivárgáshoz vezethet
 - A rossz anyagminőség hólyagosodáshoz is vezethet, ahol koncentráta, inhomogén területek keletkezhetnek
 - Nem megfelelő anyagválasztás esetén hidridek keletkezhetnek
 - Az anyagszerkezeti törésvonalak mentén beszivárgó hidrogén molekulák anyagszerkezeti változásokat idézhetnek elő



Ábra 32: Nanobehatások elektromechanikus hidrogéntöltés során [Duarte, 2020]

- Veszteség hő felhasználása fűtési célokra: Az elektrolízis, és az üzemanyag cella működése során is jelentős energia hő formájában távozik. Ezt az energiát meg fel lehetne használni akár a levegő, vagy a víz fűtésére. Ezzel a rendszer összehatékonysága is javulna.
- Hatékonyságok javítása: A hidrogénnel kapcsolatos berendezések fejlesztése folyamatos, folyamatos ezek hatásfokjainak a javítása is, ezért a készülékek kiválasztásakor körültekintően kell eljárni. Az eszközök hatásfokán a megfelelő üzemi körülmények biztosításával is javíthatunk.
- Napelemekkel kapcsolatos hatékonyságnövelés: A napelemeknél a panelvezérlésen túl lehet alkalmazni cellavezérlést is, ami javíthat a rendszer össz hatékonyságán, ráadásul hiba esetén minimalizálni lehet a kiesést.
- Hidrogén sűrítéshez kompresszorok szükségesek: A hidrogén betárolásához speciális kompresszor szükséges. Lehetőség szerint az elektrolizáló berendezés értékesítőjének ajánlásával gondoskodni kell ennek a kiválasztásáról is
- Elektromos akkumulátor méretezése: Az akkumulátor méretezése és elhelyezése is kritikus folyamat. Ügyelni kell a biztonsági feltételek teljesüléséről.

- Hidrogén közvetlen felhasználása: A dolgozatban említésre került a hidrogén közvetlen felhasználása, ám ezeket a technológiákat nem éreztem annyira biztonságosnak és kiforrottnak, hogy számoljak velük. Mindenesetre ennek a területnek is töretlen a fejlődése, folyamatosan követni kell az innovációkat.
- Alternatív megújuló energiák használata: Napelemek energiatermelése erősen függ az időjárástól, évszaktól, napszaktól. Mindezek okán megéri elgondolkodni alternatív energiaforrások, mint például a geotermikus energia használatán.
- Oxigén és víz tárolása: Az oxigén és víz tárolásával ideális zárt rendszert tudunk kialakítani, ám ennek extra költségei miatt nem biztos, hogy megéri ez a beruházás
 - Tároló tartályok
 - Betárolás vezérlése, szelepek
 - Veszteségek pótlása valószínűleg elengedhetetlen

Amennyiben a határfokok és technológiák fejlődnek úgy elképzelhetőnek tartom, hogy ez a fajta független, sziget szerű energiaellátás működhet kisebb lakóparkok, közösségek energiaellátásánál.

Kutatásaim során találkoztam olyan komplex rendszerekkel, amelyek egyben megoldották a hidrogén bontását, tárolását, valamint elektromos energiává alakítását. Amennyiben ezek a berendezések is elérik a megfelelő érettségi szintet, akkor már jóval szélesebb körben lesz tervezhető új épületekben ez a fajta energiaellátás.

Ez a terület mindenképpen olyan terület, amivel az egyetemeknek, mint a tudomány fellegvárainak folyamatosan foglalkozni kell, akár diplomamunkák, gyakorlati bemutatók, vagy elméleti előadások keretében. Ezen felül a multinacionális világvállalatoknak is fel kell ismernie a hidrogén nyújtotta lehetőségeket, és a nyereség alapú kapitalista szemléletmódot fel kell, hogy váltsa egy olyan újfajta vállalati stratégia, amely fenntarthatóságon alapul, és a rendelkezésre álló energetikai megoldásokat lehetőségeiknek megfelelően a legnagyobb hatékonysággal tudja alkalmazni.

5 Összefoglalás

A fenntartható energiaforrásokra való áttérés és az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése kiemelkedő jelentőségűvé vált a globális éghajlati kihívások kezelésében. A hidrogén mint sokoldalú és tiszta energiahordozó egyre nagyobb figyelmet kap a különböző ágazatok, köztük a lakóépületek szén-dioxid-mentesítésében játszott potenciális szerepe miatt. Ez az szakdolgozat a hidrogénnek mint energiaforrásnak a lakóépületekbe történő integrálásáról szóló átfogó tanulmányt mutat be, amely a méretezési és energetikai számításokra összpontosít.

A hidrogén előállítási módszereket, például az elektrolízist, a reformálást és a biomassza elgázosítását hatékonyságuk, környezeti hatásuk és költséghatékonyságuk szempontjából értékeltem. A megújuló energiaforrások, például a szél- és napenergia integrálása a hidrogén előállítási folyamatokba az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére és a lakossági felhasználású hidrogén előállításának fenntarthatóságának növelésére szolgáló eszközként került megvitatásra.

A hidrogéntárolási technológiák, köztük a sűrített hidrogén, a folyékony hidrogén és a szilárd halmazállapotú hidrogéntároló rendszerek vizsgálata mind alapvető fontosságúak egy ilyen rendszer megtervezésénél. Előre mutatónak tűnik a szilárd halmazállapotú hidrogén tároló rendszerek, azonban kapacitás (szilárd anyagszerkezet 7-10%-át képes hasznosítani) és a gáz be és kitarolás sebességén mindenképpen javítani kell. A Toyota óriási energiát fordít a hidrogén alapú technológiákra, így annak tárolására is. Előremutató, bővíthető palackja mindenképpen valós alternatíva, itt a nagy nyomás miatti töltési folyamatok jelentik a további fejlesztési irányvonalakat. A hidrogén tárolás technológiája létfontosságú a lakóépületek megbízható és folyamatos energiaellátásának biztosításához, a megújuló energiaforrások időszakos jellegének kezeléséhez.

A hidrogén lakóépületekben történő különféle alkalmazásait vizsgáltam, beleértve a helyiségek fűtését, a vízmelegítést, az üzemanyagcellákon keresztül történő villamosenergia-termelést és az energiaellátás tartalékrendszereit. A széleskörű felhasználás reményében javítani kell a hatékonyságon, ki kell fejleszteni a megfelelő biztonsági rendszereket az üzemeltetéshez, valamint nem utolsó sorban az előállítási költségeket szintén a lakosság számára elérhető szintre kell csökkenteni.

Kiemelésre kerültek a hidrogén lakóépületekben való széles körű alkalmazásával kapcsolatos kihívások és akadályok is, mint például a biztonsági megfontolások, az infrastruktúra fejlesztése és a szabályozási keretek. Az e kihívások leküzdésére irányuló stratégiákat tárgyalják, hangsúlyozva a kormányok, az ipari szereplők és a kutatóintézetek közötti együttműködés fontosságát.

Összefoglalva, a hidrogén a lakóépületek fenntartható energiamegoldásaként nagy ígéretet hordoz magában, mivel lehetőséget kínál a szén-dioxid-kibocsátás csökkentésére, az energiafüggetlenség növelésére és az energiaellátás rugalmasságának fokozására. A hidrogénben rejlő teljes potenciál lakóépületekben való kiaknázásához azonban elengedhetetlen egy olyan átfogó megközelítés, amely foglalkozik a termeléssel, a tárolással, az alkalmazásokkal és a szabályozási szempontokkal. Folyamatos kutatásra és fejlesztésre van szükség ahhoz, hogy a hidrogén előnyeit a lakossági energiafogyasztás környezetbarátabb és fenntarthatóbb jövőjének megvalósításában kiaknázhassuk.

A szakdolgozatban bemutatott energetikai számítások és átfogó elemzések hozzájárulnak a hidrogénnek a lakossági energiarendszerekben betöltött szerepéről folyó vitához, segítve a döntéshozókat, mérnököket és lakástulajdonosokat abban, hogy megalapozott döntéseket hozzanak a hidrogén mint tiszta energiaforrás lakossági szektorban való elfogadásának előmozdítása érdekében.

5.1 Summary

The transition to sustainable energy resources and the reduction of greenhouse gas emissions have become of high importance in addressing global climate challenges. Hydrogen is gaining attention as a versatile and clean energy carrier due to its potential role in decarbonising various sectors, including residential buildings. This thesis presents a comprehensive study on the integration of hydrogen as an energy source in residential buildings, focusing on sizing and energy calculations.

Hydrogen production methods such as electrolysis, reforming and biomass gasification are evaluated in terms of their efficiency, environmental impact and cost-effectiveness. The integration of renewable energy sources such as wind and solar energy into hydrogen production processes was discussed as a means to reduce greenhouse gas emissions and increase the sustainability of hydrogen production for domestic use.

The investigation of hydrogen storage technologies, including compressed hydrogen, liquid hydrogen and solid state hydrogen storage systems, are all essential to the design of such a system. Solid state hydrogen storage systems appear to be the way forward, but capacity (capable of utilising 7-10% of solids) and gas injection and withdrawal rates need to be improved. Toyota is investing a huge amount of energy in hydrogen-based technologies, including storage. Its forward-looking expandable cylinder is certainly a real alternative, with high-pressure filling processes as a further development trend. Hydrogen storage technology is essential to ensure a reliable and continuous energy supply for residential buildings, to manage the intermittent nature of renewable energy sources.

I have investigated various applications of hydrogen in residential buildings, including space heating, water heating, electricity generation through fuel cells and backup power systems. In order to achieve widespread use, efficiency needs to be improved, appropriate safety systems for operation need to be developed and, last but not least, production costs also need to be reduced to a level that is affordable for the public.

Challenges and barriers to the widespread use of hydrogen in residential buildings were also highlighted, such as safety considerations, infrastructure development and regulatory

frameworks. Strategies to overcome these challenges are discussed, emphasising the importance of cooperation between governments, industry and research institutions.

In summary, hydrogen holds great promise as a sustainable energy solution for residential buildings, offering the potential to reduce carbon emissions, increase energy independence and enhance energy flexibility. However, a comprehensive approach that addresses production, storage, applications and regulatory aspects is essential to realise the full potential of hydrogen in residential buildings. Continued research and development is needed to harness the benefits of hydrogen to realise a greener and more sustainable future for residential energy consumption.

The energy calculations and comprehensive analyses presented in this thesis will contribute to the debate on the role of hydrogen in residential energy systems, helping decision makers, engineers and homeowners to make informed decisions to promote the adoption of hydrogen as a clean energy source in the residential sector.

Irodalomjegyzék

Publikációk, könyvek

- Dr. Barótfi István, 2011 – *Környezetgazdálkodás*
- Baumann Mihály, Dr. Csoknyai Tamás, Dr. Kalmár Ferenc, Dr. Magyar Zoltán, Dr. Majoros András, Dr. Osztrólczy Miklós Szalay Zsuzsa, Prof. Zöld András, 2009 - *Épületenergetika*
- Dr. Becker Gábor, Dr. Preisich Katalin, 2007 - *Épületszerkezettan 3 : Homlokzatburkolatok, nyílászáró szerkezetek* - BME Építészmérnöki Kar Épületszerkezettani Tanszék
- Duarte MJ, Fang X, Rao J, 2020 - Nanoindentation during electromechanical hydrogen charging
- Frano Barbir, 2013 - *PEM Fuel Cells: Theory and Practice*
- Henning Lohse-Busch, Michael Duoba, Kevin Stutenberg, Simeon Iliev, Mike Kern, 2017 - *Technology Assessment of a Fuel Cell Vehicle: 2017 Toyota Mirai*
- Hye Rim Kim, Min Hyung Seo, Ji Ho Ahn, Tong Seop Kim, 2023 - *Thermodynamic design and analysis of SOFC/PEMFC hybrid systems with cascade effects: A perspective on complete carbon dioxide capture and high efficiency*
- Kirckeszner Csaba, 2021 - *A hidrogéntárolás lehetőségei és korlátai*
- Lovas Bence, 2017 - *Különböző szigetelőanyagok hőtechnikai tulajdonságainak vizsgálata és alkalmazási lehetőségeik*
- Német Portillo, 2020 - *Elektrolizátor: minden, amit tudnia kell*
- Paul Ekins, 2010, - *Hydrogen Energy Economic and Social Challenges*
- Tokuyama Corporation, Toyota Motor Corporation, 2020 - *Tokuyama and Toyota Start Verification Tests in Japan for Stationary Fuel Cell Generator that Uses By-product Hydrogen*
- Vehovszky Balázs, 2010 - *Hidrogén abszorpciós tárolása*
- Zhen Fang, Richard L. Smith, Jr., Xinhua Qi, 2015 - *Production of Hydrogen from Renewable Resources*

Web oldalak

- All you need to know about Energy Storage System (ESS) – <https://www.blackridgeresearch.com/blog/all-you-need-to-know-about-an-energy-storage-system-ess-components-technologies-benefits-risks-applications-bess-battery-energy-storage-system>, Letöltés dátuma: 2023.11.01.
- Hidrogén tulajdonságai - <https://hu.wikipedia.org/wiki/Hidrogén> ,Letöltés dátuma: 2023.11.02.
- Hydrogen House Project Australia, 2020 - <https://hydrogenhouseaustralia.com/project/off-the-grid-hydrogen-storage/> ,Letöltés dátuma: 2023.11.01.
- Hydrogen House Project Italy, 2022 - Forrás: https://napoli.repubblica.it/cronaca/2022/07/07/news/a_benevento_una_casa_completamente_alimentata_a_idrogeno_primo_caso_in_europa-356981403/ ,Letöltés dátuma: 2023.11.02.
- Magyar Építéstechnika, 2021 - Hogyan lehetséges az építőipar teljes dekarbonizációja? - <https://magyarepitemetchnika.hu/index.php/egyeb/hogyan-lehetseges-az-epitoipar-teljes-dekarbonizacioja/> ,Letöltés dátuma: 2023.11.01.
- Megatron 1MW Battery Energy Storage System – <https://www.symtechsolar.com/battery-energy-storage-systems/1mw-battery-energy-storage-system/> ,Letöltés dátuma: 2023.11.01.
- NelHydrogen Electrolysers - <https://nelhydrogen.com/water-electrolysers-hydrogen-generators/> ,Letöltés dátuma: 2023.10.30.
- Outline of the Mirai – https://www.smartcircular.com/wp-content/uploads/2020/06/Toyota-Mirai-FCV_Posters_LR.pdf ,Letöltés dátuma: 2023.11.01.
- Solid oxide fuel cell - https://en.wikipedia.org/wiki/Solid_oxide_fuel_cell , Letöltés dátuma: 2023.11.02.
- Solutions for Sustainable Energy System, 2023 - <https://www.gknhydrogen.com/technology-2/> ,Letöltés dátuma: 2023.11.01.
- The Future of Hydrogen, 2019 - <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen> ,Letöltés dátuma: 2023.11.02.

- Toyota and Woven Planet Have Developed a New Portable Hydrogen Cartridge Prototype, 2022 - <https://global.toyota/en/newsroom/corporate/37405994.html> ,Letöltés dátuma: 2023.11.01.
- Toyota Fuel Cell Applications – https://www.toyota.co.jp/fuelcells/en/applications.html#cnt1_cat3 ,Letöltés dátuma: 2023.11.03.
- Toyota Fuel Cell Technology – <https://www.toyota-europe.com/brands-and-services/toyota-fuel-cell/fuel-cell-technology> ,Letöltés dátuma: 2023.11.01.
- Toyota Motor Corporation Official Global Website, 2022 - Toyota Develops Storage Module Utilizing Resin High-Pressure Hydrogen Tanks
- Videók Bausoft program használatához - <http://www.bausoft.hu/tutorials.htm> ,Letöltés dátuma: 2023.11.01.
- Anyagok hőtechnikai jellemzői - <https://www.muszeroldal.hu/assistance/anyagokhotechnikaijellemzoi.html> ,Letöltés dátuma: 2023.11.02.

Ábrajegyzék

Ábra 1:Építőipar dekarbonizációja [magyarepites technika.hu, 2021].....	8
Ábra 2: A hidrogén értéklánca.....	9
Ábra 3: Hidrogén üzemanyagcellás járművek	9
Ábra 4: Hidrogén előállítási költsége szél és napenergiából [iea.org, 2019].....	10
Ábra 5: Hidrogén előállításának módjai	12
Ábra 6: Víz bontása elektrolízissel	13
Ábra 7: Hidrogén előállítása fotokémiai eljárással	14
Ábra 8: Hidrogén előállítása fotokémiai eljárással	14
Ábra 9: Hidrogén előállítás elektrolízissel.....	15
Ábra 10: Jelenleg használt elektrolizáló eljárások	15
Ábra 11: Elektrolízis energiabontása	17
Ábra 12: Elektrolízis energiaigényének hőmérséklet függése	18
Ábra 13: Robbanási határértékek Hidrogén-Oxigén keveredése esetén.....	19
Ábra 14: Hordozható hidrogén patron	21
Ábra 15: Hidrogén patron felhasználási területei.....	22
Ábra 16: GKN Fém-hidrid alapú tárolás.....	23
Ábra 17: PEM üzemanyagcella.....	26
Ábra 18: SOFC elvi működése	27
Ábra 19: A Bosch hidrogén üzemű vízmelegítője.....	29
Ábra 20: Hidrogén ház projekt elvi rajz.....	29
Ábra 21: Olaszországi hidrogénház	31
Ábra 22: Létesítmény látványterve	33
Ábra 23: Az épület támaszerői	34
Ábra 24: Telepített 4kW-os napelem 2022-es termelt teljesítménye	35
Ábra 25: Az ingatlan energiafogyasztási terve.....	40
Ábra 26: Létesítmény energiaellátásának biztosítása hidrogén felhasználásával	41
Ábra 27: Energiaellátás folyamatábrája	42
Ábra 28: Éves energiafogyasztás alakulása	42
Ábra 29: Toyota üzemanyagcellás rendszere [Henning, 2017].....	43
Ábra 30: Toyota hidrogén tároló rendszere.....	45
Ábra 31: Hidrogén termelési és fogyasztási terv	46
Ábra 32: Nanobehatások elektromechanikus hidrogéntöltés során [Duarte, 2020].....	52

Táblázat jegyzék

Táblázat 1: WinWatt számított értékek külső határoló elemekre	36
Táblázat 2: Lakóépület energiafogyasztás terve	40
Táblázat 3: Hidrogén igény megállapítása fogyasztási adatok és napenergia termelés alapján	45
Táblázat 4: NelHydrogen kompakt elektrolizátor [nelhydrogen.com, 2023]	48

Nyilatkozatok

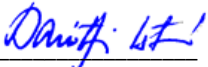
NYILATKOZAT

Subecz Péter Csaba (hallgató Neptun azonosítója: NVT0V7) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre **javaslom** / **nem javaslom**¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: 2023. november 6.


Dr. Barótfi István - belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függelék: A MATE egységes szakdolgozat / diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

A hallgató neve: SUBECZ PÉTER
A Hallgató Neptun kódja: NVTØV7
A dolgozat címe: Hidrogén felhasználása létesítmények energiapellátásánál
A megjelenés éve: 2023.
A konzulens intézetének neve: MATE Műszaki Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

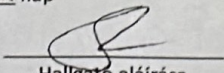
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2023. év november hó 12. nap


Hallgató aláírása

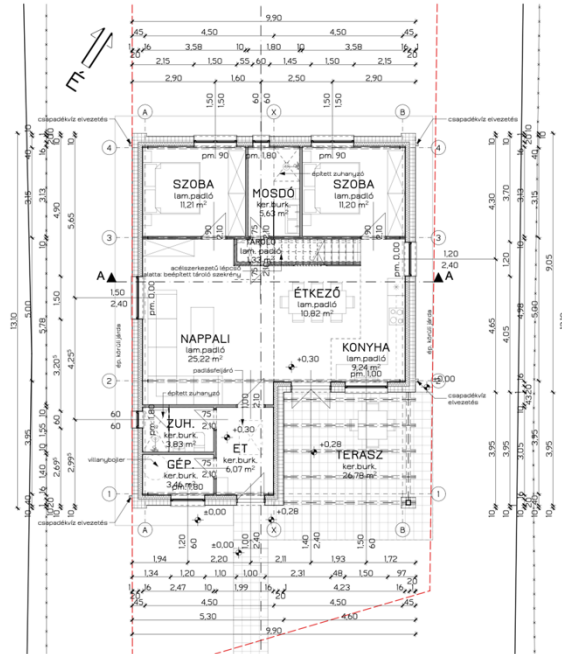
¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törölendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törölendő.

Mellékletek

1. Melléklet: Ingatlan alaprajza

FÖLDSZINTI ALAPRAJZ M-1:100



Bruttó alapterület: 109,89 m²
 Nettó alapterület: 88,01 m²
 Terasz alapterület: 26,78 m²

JELMAGYARÁZAT:

- | | | | |
|--|-----------------------------|--|------------------|
| | Kerámia kompozit falazóelem | | EPS hőszigetelés |
| | Vestibulum | | XPS hőszigetelés |
| | Falatorcsakereszt | | Köves |
| | Szálcső hőszigetelés | | Talaj |

Építész:	Vezető tervezők:	Megrendelő:	Földszinti Alaprajz M - 1:100	
		Subotca Péter Csaba	Cím:	Ödömrépusi engedélyezési terve 8252 Beatonaszepezsd.
Építészek:			2020.09.21.	02

2. Melléklet: WinWatt Kócsag teljes számítások

Energetikai minőségtanúsítvány

1

Energetikai minőségtanúsítvány összesítő

Épület: Balatonszepezd nyaraló
8252 Balatonszepezd

Megrendelő: Subecz Péter
1172 Budapest

Tanúsító:

Az épület(rész) fajlagos primer energiafogyasztása:

-27.71 kWh/m²a

Követelményérték (viszonyítási alap):

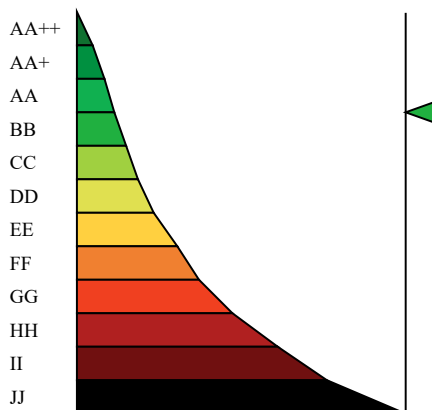
100.00 kWh/m²a

Az épület(rész) energetikai jellemzője a követelményértékre vonatkoztatva:

-27.70 %

Energetikai minőség szerinti besorolás:
vonatkozó követelményeknek megfelelő)

BB (Közel nulla energiaigényre)



A tanúsítás oka: használatbavételi engedélyezési eljáráshoz

Épület védettsége: Nem védett

Az épület építési ideje 2020.

Épület fűtött szintjeinek száma: 1

A tanúsítvány vegyes számítási módszerrel készült, a hőhidasság egyszerűsített, a sugárzási nyereség részletes, a hőfokhíd és fűtési idény hossz egyszerűsített számítással.

Tanúsítvány azonosítója a tanúsítónál:

Kelt: 2023. 11. 01.

Aláírás

C:\Users\miras\Documents\Bszepezd.wwp

2023. 11. 06.

WinWatt kócsag 9.01 (2023. 10. 19.) Copyright © Bausoft Pécsvárad Kft.

<http://www.bausoft.hu>

Szerkezet típusok:**ablak**

Típusa: ablak (külső, fém)
 x méret: 1,5 m
 y méret: 1,5 m
 Hőátbocsátási tényező: 0.880 W/m²K
 Megengedett értéke: 1.400 W/m²K

A hőátbocsátási tényező megfelelő.

Nyílászáró számítás az összetevők alapján
 Üvegezés: 4:-16-4-16:-4 argongázos
 Keret, tok (körben): műanyag (többkamrás)
 Távtartó: fém távtartó, U_g < 2
 Üvegezési arány: 75 %
 Üvegezés g értéke: 0.520
 Éjszaka társított szerkezet hőv. ellen.: 0.120 m²K/W
 Árnyékolás módja nyáron: külső
 Árnyékolás naptényezője nyáron: 0.100

$$U_g = 0.60 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_f = 1.00 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\Psi_g = 0.080 \text{ W/mK}$$

$$g = 0.520$$

$$\text{szélesség} = 100 \text{ mm}$$

bejárati ajtó

Típusa: ajtó (külső)
 x méret: 1 m
 y méret: 2,5 m
 Hőátbocsátási tényező: 1.000 W/m²K
 Megengedett értéke: 1.400 W/m²K

A hőátbocsátási tényező megfelelő.**belső ajtó**

Típusa: ajtó (belső, fűtött terek közt)
 x méret: 2,1 m
 y méret: 1 m
 Hőátbocsátási tényező: 1.400 W/m²K

belső fal

Típusa: belső fal (fűtött terek közt)
 Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 0.327 W/m²K
 Hőátbocsátási tényező: 0.327 W/m²K
 Fajlagos tömeg: 17 kg/m²
 Fajlagos hőtároló tömeg: 7 / 7 kg/m²
 Fajlagos hőkapacitás: 6 / 6 kJ/m²K
 Hőátadási ellenállás kívül: 0.13 m²K/W
 Hőátadási ellenállás belül: 0.13 m²K/W

Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d	λ	κ	R	ρ	c	Sd	F _T *F _m *F _a
megnevezés	-	[cm]	[W/mK]	-	[m ² K/W]	[kg/m ³]	[kJ/kgK]	[m]	[-]
Gipszkarton lap	1	1,25	0,250	-	0,0500	568	0,85	0	
MPN PLUS 037	2	10	0,037	-	2,7030	30	0,84	0	
Gipszkarton lap	3	1,25	0,250	-	0,0500	568	0,85	0	

belső fal csempézett

Típusa: belső fal (fűtött terek közt)
 Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 0.324 W/m²K
 Hőátbocsátási tényező: 0.324 W/m²K
 Fajlagos tömeg: 54 kg/m²
 Fajlagos hőtároló tömeg: 44 / 7 kg/m²
 Fajlagos hőkapacitás: 38 / 6 kJ/m²K
 Hőátadási ellenállás kívül: 0.13 m²K/W
 Hőátadási ellenállás belül: 0.13 m²K/W

Rétegek belülről kifelé

Réteg	No.	d [cm]	λ [W/mK]	κ	R [m ² K/W]	ρ [kg/m ³]	c [kJ/kgK]	Sd [m]	$F_T^*F_m^*F_a$ [-]
megnevezés	-			-					
Csempe	1	0,6	1,050	-	0,0057	1800	0,88	0	
Adesilex P9 Express (ragasztóhá)	2	2	0,930	-	0,0215	1300	0,88	0	
Gipszkarton lap	3	1,25	0,250	-	0,0500	568	0,85	0	
MPN PLUS 037	4	10	0,037	-	2,7030	30	0,84	0	
Gipszkarton lap	5	1,25	0,250	-	0,0500	568	0,85	0	

belső fal hangszigetelt

Típusa: belső fal (fűtött terek közt)

Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 0.321 W/m²K

Hőátbocsátási tényező: 0.321 W/m²K

Fajlagos tömeg: 24 kg/m²

Fajlagos hőtároló tömeg: 7 / 14 kg/m²

Fajlagos hőkapacitás: 6 / 12 kJ/m²K

Hőátadási ellenállás kívül: 0.13 m²K/W

Hőátadási ellenállás belül: 0.13 m²K/W

Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d [cm]	λ [W/mK]	κ	R [m ² K/W]	ρ [kg/m ³]	c [kJ/kgK]	Sd [m]	$F_T^*F_m^*F_a$ [-]
megnevezés	-			-					
Gipszkarton lap	1	1,25	0,250	-	0,0500	568	0,85	0	
Gipszkarton lap	2	1,25	0,250	-	0,0500	568	0,85	0	
MPN PLUS 037	3	10	0,037	-	2,7030	30	0,84	0	
Gipszkarton lap	4	1,25	0,250	-	0,0500	568	0,85	0	

belső fal szig+csemp

Típusa: belső fal (fűtött terek közt)

Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 0.318 W/m²K

Hőátbocsátási tényező: 0.318 W/m²K

Fajlagos tömeg: 61 kg/m²

Fajlagos hőtároló tömeg: 44 / 14 kg/m²

Fajlagos hőkapacitás: 38 / 12 kJ/m²K

Hőátadási ellenállás kívül: 0.13 m²K/W

Hőátadási ellenállás belül: 0.13 m²K/W

Rétegek belülről kifelé

Réteg	No.	d [cm]	λ [W/mK]	κ	R [m ² K/W]	ρ [kg/m ³]	c [kJ/kgK]	Sd [m]	$F_T^*F_m^*F_a$ [-]
megnevezés	-			-					
Csempe	1	0,6	1,050	-	0,0057	1800	0,88	0	
Adesilex P9 Express (ragasztóhá)	2	2	0,930	-	0,0215	1300	0,88	0	
Gipszkarton lap	3	1,25	0,250	-	0,0500	568	0,85	0	
MPN PLUS 037	4	10	0,037	-	2,7030	30	0,84	0	
Gipszkarton lap	5	1,25	0,250	-	0,0500	568	0,85	0	
Gipszkarton lap	6	1,25	0,250	-	0,0500	568	0,85	0	

belső födém

Típusa: belső födém (felfelé hűlő)

y méret: 1 m

Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 0.301 W/m²K

Hőátbocsátási tényező: 0.301 W/m²K

Fajlagos tömeg: 28 kg/m²

Fajlagos hőtároló tömeg: 7 / 21 kg/m²

Fajlagos hőkapacitás: 6 / 17 kJ/m²K

Hőátadási ellenállás kívül: 0.10 m²K/W

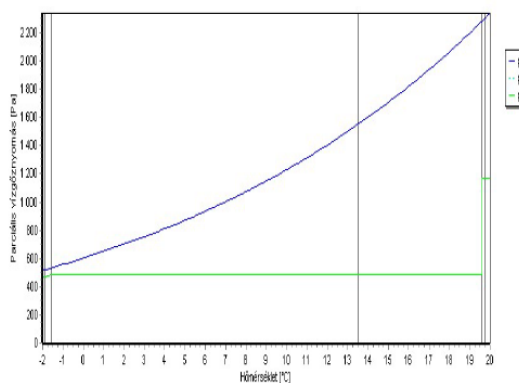
Hőátadási ellenállás belül: 0.10 m²K/W

Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d [cm]	λ [W/mK]	κ	R [m ² K/W]	ρ [kg/m ³]	c [kJ/kgK]	Sd [m]	$F_T * F_m * F_a$ [-]
megnevezés	-			-					
farostlemez (hőszig.) 2	1	2	0,110	-	0,1818	450	2,26	0	
farostlemez (hőszig.) 2	2	2	0,110	-	0,1818	450	2,26	0	
MPN PLUS 037	3	10	0,037	-	2,7030	30	0,84	0	
Masterfol CLASSIC ALU	4	0,1	0,200	-	0,0050	-	-	0	
Gipszkarton lap	5	1,25	0,250	-	0,0500	568	0,85	0	

külső fal

Típusa:	külső fal
Rétegtervi hőátbocsátási tényező:	0.102 W/m ² K
Megengedett értéke:	0.240 W/m ² K
A rétegtervi hőátbocsátási tényező megfelelő.	
Hőátbocsátási tényező:	0.102 W/m ² K
Fajlagos tömeg:	26 kg/m ²
Fajlagos hőtároló tömeg:	7 kg/m ²
Fajlagos hőkapacitás:	6 kJ/m ² K
Hőátadási ellenállás kívül:	0.04 m ² K/W
Hőátadási ellenállás belül:	0.13 m ² K/W



Rétegek kívülről befelé

Réteg	No.	d [cm]	λ [W/mK]	κ	R [m ² K/W]	ρ [kg/m ³]	c [kJ/kgK]	Sd [m]	$F_T * F_m * F_a$ [-]
megnevezés	-			-					
Fa fűrészáru 2	1	2	0,130	-	0,1538	500	1,60	0	
ISOPERN	2	15	0,022	-	6,6960	40	1,50	0	
MPN PLUS 037	3	10	0,037	-	2,7030	30	0,84	0	
Masterfol CLASSIC ALU	4	0,1	0,200	-	0,0050	-	-	0	
Gipszkarton lap	5	1,25	0,250	-	0,0500	568	0,85	0	

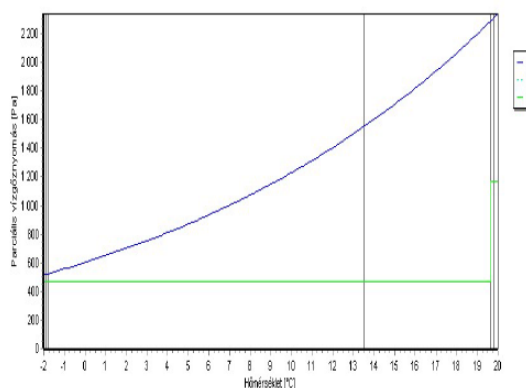
Vizsgálati jelentés: A vizsgálathoz KELLENEK a szorpciós izotermia ADATOK!

Az egyensúlyi állapot a diffúziós időszak alatt ki tud alakulni (feltöltési idő: 0 nap). Az izotermiával nem rendelkező rétegek figyelmen kívül lettek hagyva, a tényleges feltöltési idő hosszabb a számítottnál.

1. (Fa fűrészáru 2) 75%-NÁL MAGASABB a relatív páratartalom! A vizsgálathoz KELLENEK a szorpciós izotermia ADATOK!

padlás födém

Típusa:	tető
y méret:	1 m
Rétegtervi hőátbocsátási tényező:	0.104 W/m ² K
Megengedett értéke:	0.170 W/m ² K
A rétegtervi hőátbocsátási tényező megfelelő.	
Hőátbocsátási tényező:	0.104 W/m ² K
Fajlagos tömeg:	20 kg/m ²
Fajlagos hőtároló tömeg:	7 kg/m ²
Fajlagos hőkapacitás:	6 kJ/m ² K
Hőátadási ellenállás kívül:	0.04 m ² K/W
Hőátadási ellenállás belül:	0.10 m ² K/W



Rétegek kívülről befelé

Réteg megnevezés	No.	d [cm]	λ [W/mK]	κ	R [m ² K/W]	ρ [kg/m ³]	c [kJ/kgK]	Sd [m]	$F_T^*F_m^*F_a$ [-]
Wetterbest Classic	1	0,045	13,800	-	0,0000	8844	0,46	0	
File alátét lemez	2	0,2	0,050	-	0,0400	120	1,30	0	
ISOPERN	3	15	0,022	-	6,6960	40	1,50	0	
MPN PLUS 037	4	10	0,037	-	2,7030	30	0,84	0	
Masterfol CLASSIC ALU	5	0,1	0,200	-	0,0050	-	-	0	
Gipszkarton lap	6	1,25	0,250	-	0,0500	568	0,85	0	

Vizsgálati jelentés: A vizsgálathoz **KELLENEK** a szorpciós izoterma ADATOK!

Az egyensúlyi állapot a diffúziós időszak alatt ki tud alakulni (feltöltési idő: 0 nap). Az izotermával nem rendelkező rétegek figyelmen kívül lettek hagyva, a tényleges feltöltési idő hosszabb a számítottnál.

1. (Wetterbest Classic)75%-NÁL MAGASABB a relatív páratartalom! A vizsgálathoz **KELLENEK** a szorpciós izoterma ADATOK!

padló

Típusa:	padló (talajra fektetett)
y méret:	1 m
Rétegtervi hőátbocsátási tényező:	0.319 W/m ² K
Vonalmenti hőátbocsátási tényező:	1.000 W/mK
Fajlagos tömeg:	1093 kg/m ²
Fajlagos hőtároló tömeg:	341 kg/m ²
Fajlagos hőkapacitás:	287 kJ/m ² K
Hőátadási ellenállás kívül:	0.00 m ² K/W
Hőátadási ellenállás belül:	0.17 m ² K/W
Padlószint magassága:	0.5m
Rétegek belülről kifelé	

Réteg megnevezés	No.	d [cm]	λ [W/mK]	κ	R [m ² K/W]	ρ [kg/m ³]	c [kJ/kgK]	Sd [m]	F _T *F _m *F _a [-]
Csempe	1	0,6	1,050	-	0,0057	1800	0,88	0	
kavicsbeton	2	15	1,280	-	0,1172	2200	0,84	0	
PVC fólia	3	0,01	-	-	-	-	-	0	
AT-N150 expandált polisztirolhab	4	8	0,035	-	2,2860	-	1,46	0	
vasbeton	5	20	1,550	-	0,1290	2400	0,84	0	
kavicsfeltöltés	6	15	0,350	-	0,4286	1800	0,84	0	

padló emelet

Típusa:	padlásfödém
y méret:	1 m
Rétegtervi hőátbocsátási tényező:	0.301 W/m ² K
Megengedett értéke:	0.170 W/m ² K
A rétegtervi hőátbocsátási tényező NEM MEGFELELŐ!	
Hőátbocsátási tényező:	0.301 W/m ² K
Fajlagos tömeg:	28 kg/m ²
Fajlagos hőátviteli tényező:	7 / 21 kg/m ²
Fajlagos hőkapacitás:	6 / 17 kJ/m ² K
Hőátadási ellenállás kívül:	0.10 m ² K/W
Hőátadási ellenállás belül:	0.10 m ² K/W

Réteg megnevezés	No.	d [cm]	λ [W/mK]	κ	R [m ² K/W]	ρ [kg/m ³]	c [kJ/kgK]	Sd [m]	F _T *F _m *F _a [-]
farostlemez (hőszig.) 2	1	2	0,110	-	0,1818	450	2,26	0	
farostlemez (hőszig.) 2	2	2	0,110	-	0,1818	450	2,26	0	
MPN PLUS 037	3	10	0,037	-	2,7030	30	0,84	0	
Masterfol CLASSIC ALU	4	0,1	0,200	-	0,0050	-	-	0	
Gipszkarton lap	5	1,25	0,250	-	0,0500	568	0,85	0	

Vizsgálati jelentés: A vizsgálathoz **KELLENEK** a szorpciós izoterma ADATOK!

Az egyensúlyi állapot a diffúziós időszak alatt ki tud alakulni (feltöltési idő: 0 nap). Az izotermával nem rendelkező rétegek figyelmen kívül lettek hagyva, a tényleges feltöltési idő hosszabb a számítottnál.

1. (farostlemez (hőszig.) 2)75%-NÁL MAGASABB a relatív páratartalom! A vizsgálathoz **KELLENEK** a szorpciós izoterma ADATOK!

Határoló szerkezetek:

Szerkezet megnevezés	tájolás	Hajlásszög [°]	U [W/m ² K]	U* [W/m ² K]	A [m ²]	Ψ [W/mK]	L [m]	AU*+L Ψ [W/K]	A _{fi} [m ²]	Q _{sd} [kWh/a]
külső fal	ÉK	függőleges	0,102	0,102	43,8	-	-	4,5	-	-
ablak	ÉK	függőleges	0,87	0,845	2,9	-	-	2,4	2,2	145,3
külső fal	DK	függőleges	0,102	0,102	31,3	-	-	3,2	-	-
bejárati ajtó	DK	függőleges	1	1	2,5	-	-	2,5	-	-
ablak	DK	függőleges	0,85	0,826	3,4	-	-	2,8	2,7	233,7
ablak	DK	függőleges	1,07	1,03	0,9	-	-	0,9	0,5	86,9
ablak	DK	függőleges	1,09	1,05	0,7	-	-	0,8	0,4	67,1
külső fal	DNY	függőleges	0,102	0,102	34,3	-	-	3,5	-	-
ablak	DNY	függőleges	0,88	0,855	2,3	-	-	1,9	1,7	234,7
ablak	DNY	függőleges	1,18	1,14	0,4	-	-	0,4	0,2	25,6
külső fal	ÉNY	függőleges	0,102	0,102	33,0	-	-	3,4	-	-
ablak	ÉNY	függőleges	0,88	0,855	4,5	-	-	3,8	3,4	230,5
ablak	ÉNY	függőleges	1,18	1,14	0,7	-	-	0,8	0,3	21,6
padlás födém	ÉK	30°	0,104	0,104	45,3	-	-	4,7	-	-
padlás födém	DNY	30°	0,104	0,104	67,5	-	-	7,0	-	-

Szerkezet megnevezés	tájolás	Hajlásszög [°]	U [W/m ² K]	U* [W/m ² K]	A [m ²]	Ψ [W/mK]	L [m]	AU*+LΨ [W/K]	A _ü [m ²]	Q _{sd} [kWh/a]
padló			-	-	86,7	1	52,9	52,9	-	-
padló emelet			0,301	-0,0557	13,7	-	-	-0,8	-	-
belső födém			0,301	0,0258	30,2	-	-	0,8	-	-

Hőtároló tömegek:

Megnevezés	A [m ²]	m _t [kg/m ²]	M _t [t]	c [kJ/m ² K]	C [MJ/K]
külső fal	142,4	7	1,00	6	0,85
belső fal	35,4	7	0,25	6	0,21
belső fal csempézett	40,1	44	1,76	38	1,52
belső fal hangszigetelt	39,4	7	0,28	6	0,24
belső fal szig+csemp	36,7	44	1,62	38	1,40
padló	86,7	341	29,56	287	24,88
padlás födém	112,8	7	0,79	6	0,68
padló emelet	40,7	7	0,29	6	0,24
belső födém	41,4	7	0,29	6	0,25
Összesen	-	-	35,83	-	30,27
m _t :	357 kg/m ²	(Fajlagos hőtároló tömegek számított értéke)			

Épület tömeg besorolása: könnyű (m_t ≤ 400 kg/m²)

e:	0.50	(Sugárzás hasznosítási tényező)
A:	404.0 m ²	(Fűtött épület(rész) térfogatot határoló összfelület)
V:	323.2 m ³	(Fűtött épület(rész) térfogat)
A/V:	1.250 m ² /m ³	(Felület-térfogat arány)
Q _{sd} +Q _{sid} :	(1045 + 0) * 0,5 = 523kWh/a	(Sugárzási hőnyereség)
ΣAU + ΣΨ:	95.6 W/K	
q = [ΣAU + ΣΨ - (Q _{sd} + Q _{sid})/72]/V = (95,6 - 523 / 72) / 323,24		
q:	0.273 W/m³K	(Számított fajlagos hővesztégtényező)
q _{max, kn} hővesztégtényező)	0.280 W/m³K	(Közel nulla energiaigényű épületek megengedett fajlagos hővesztégtényező)

Az épület fajlagos hővesztégtényezője a közel nulla energiaigényű épületek követelményszintnek megfelel.

Energia igény tervezési adatok

Épület(rész) jellege: Lakóépület

A _N :	100.42 m ²	(Fűtött alapterület)
n:	0.50 1/h	(Átlagos légcsereszám a fűtési idényben)
σ:	0.90	(Szakaszos üzem korrekciós szorzó)
Q _{sd} +Q _{sid} :	(0,25 + 0) * 0,5 = 0,13kW	(Sugárzási nyereség)
q _b :	5.00 W/m ²	(Belső hőnyereség átlagos értéke)
E _{vil, n} :	0.00 kWh/m ² a	(Világítás fajlagos éves nettó energia igénye)
q _{HMV} :	30.00 kWh/m ² a	(Használati melegvíz fajlagos éves nettó hőenergia igénye)
A _{HMVr} :	20.00 m ²	(Csökkentett használati melegvíz igényű terület)
n _{nyár} :	3.00 1/h	(Légcsereszám a nyári idényben)
Q _{sdnyár} :	0,07 kW	(Sugárzási nyereség)

Fajlagos értékekből számolt igények

$Q_b = \sum A_N q_b$:	502 W	(Belső hőnyereségek összege)
$Q_{b,e} = \sum A_N q_{b,e}$:	251 W	(Belső hőnyereségek összege a hasznosítással)
$\sum E_{vil,n} = \sum A_N E_{vil,n}$:	0 kWh/a	(Világítás éves nettó energia igénye)
$Q_{HMV} = \sum A_N q_{HMV}$:	2713 kWh/a	(Használati melegvíz éves nettó hőenergia igénye)
$V_{atl} = \sum V_n$:	161.6 m ³ /h	(Átlagos levegő térfogatáram a fűtési időben)
$V_{LT} = \sum V_{n,LT} * Z_{LT} / Z_F$:	0.0 m ³ /h	(Levegő térfogatáram a használati időben)
$V_{inf} = \sum V_{n,inf} * (1 - Z_{LT} / Z_F)$:	0.0 m ³ /h	(Levegő térfogatáram a használati időn kívül)
$V_{dt} = \sum (V_{atl} + V_{LT}(1-\eta) + V_{inf})$:	161.6 m ³ /h	(Légmennyiség a téli egyensúlyi hőm. különbséghez.)
$V_{nyár} = \sum V_{n,nyár}$:	969.7 m ³ /h	(Levegő térfogatáram nyáron)

Fűtés éves nettó hőenergia igényének meghatározása

$$\Delta t_b = (Q_{sd} + Q_{sid} + Q_{b,e}) / (\sum AU + \sum \Psi + 0,35 V_{dt}) + 2$$

$$\Delta t_b = (127 + 251,062) / (95,6 + 0,35 * 161,62) + 2 = 4,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_i: \quad 19,6 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{Átlagos belső hőmérséklet})$$

$$H: \quad 69410 \text{ hK/a} \quad (\text{Fűtési hőfokhíd})$$

$$Z_F: \quad 4280 \text{ h/a} \quad (\text{Fűtési idő hossza})$$

$$Q_F = H[V_q + 0,35 \sum V_{inf,F}] \sigma - P_{LT,F} Z_F - Z_F Q_{b,e}$$

$$Q_F = 69,41 * (323,24 * 0,273 + 0,35 * 161,6) * 0,9 - 0 * 4,28 - 4,28 * 251,062 = 7,972 \text{ MWh/a}$$

$$q_F: \quad 79,38 \text{ kWh/m}^2\text{a} \quad (\text{Fűtés éves fajlagos nettó hőenergia igénye})$$

Nyári túlmelegedés kockázatának ellenőrzése

$$\Delta t_{b,nyár} = (Q_{sdnyár} + Q_b) / (\sum AU + \sum \Psi + 0,35 V_{nyár})$$

$$\Delta t_{b,nyár} = (71 + 502,125) / (95,6 + 0,35 * 969,721) = 1,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{b,nyár,max}: \quad 2,0 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{A nyári felmelegedés elfogadható értéke})$$

$$n_{hü}: \quad 5,52 \text{ nap} \quad (\text{Hűtési napok száma})$$

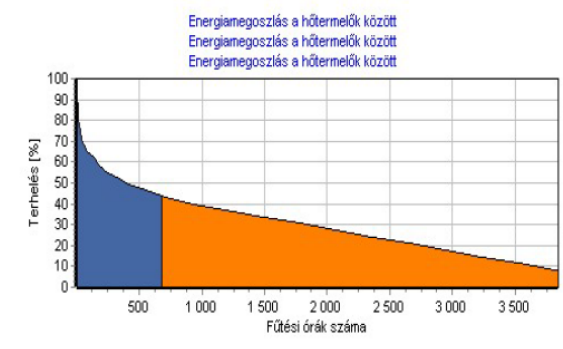
$$Q_{hü} = 24/1000 * n_{hü} * (\sum A_n * q_b + Q_{sdnyár})$$

$$Q_{hü} = 24/1000 * 5,52 * (71 + 502,125) = 75,841 \text{ kWh/a}$$

A nyári felmelegedés elfogadható mértékű.

Bivalencia számítás

Átlagos belső hőmérséklet:	14,6 °C
Fűtési határhőmérséklet:	10,1 °C
Fűtési telj. a határhőmérsékleten:	0,328 kW
Fűtési telj.:	3,544 kW
(-15,0 °C hőmérsékleten)	
Hőtermelő teljesítménye:	1,772 kW
Hőtermelő leállítási hőmérséklete:	-1,2 °C
Bivalencia hőmérséklet:	-1,2 °C
Elsődleges hőtermelő részaránya:	72,8 %
Másodlagos hőtermelő részaránya:	27,2 %



Fűtési rendszer

hőszivattyús klíma

 A_N : 45.00 m² (a rendszer alapterülete) q_f : 79.38 kWh/m²a (a fűtés fajlagos nettó hőenergia igénye)

Gree Comfort 5,3

 e_f : 1.80 (H hőszivattyús elektromos áram) e_{sus} : 0.10 C_k : 0.18 (a hőtermelő teljesítménytényezője) $q_{k,v}$: 0.00 kWh/m²a (segédenergia igény) $\alpha_k(C_k e_{sus} + (1 - C_k)) = 1 * (0,1754 * 0,1 + (1 - 0,1754)) = 0,8421$

Kétcsöves radiátoros és beágyazott fűtés, elektronikus szabályozóval

 $q_{f,h}$: 0.70 kWh/m²a (a teljesítmény és a hőigény illesztésének pontatlansága miatti veszteség)

Elosztási veszteség nincs

 $q_{f,v}$: 0.00 kWh/m²a (az elosztóvezetékek fajlagos vesztesége)

Keringtetési energia igény nincs

 E_{FSz} : 0.00 kWh/m²a (a keringtetés fajlagos energia igénye)

Tárolási veszteség nincs

 $q_{f,t}$: 0.00 kWh/m²a (a hőtárolás fajlagos vesztesége és segédenergia igénye) E_{FT} : 0.00 kWh/m²a $E_F = (q_f + q_{f,h} + q_{f,v} + q_{f,t}) \Sigma(C_k \alpha_k e_f) + (E_{FSz} + E_{FT} + q_{k,v}) e_v$ $E_F = (79,38 + 0,7 + 0 + 0) * 0,3158 + (0 + 0 + 0) * 2,5 = 25.29 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ $E_{F \text{ sus}} = (q_f + q_{f,h} + q_{f,v} + q_{f,t}) \Sigma(C_k \alpha_k e_{fsus}) + (E_{FSz} + E_{FT} + q_{k,v}) e_{v \text{ sus}}$ $E_{F \text{ sus}} = (79,38 + 0,7 + 0 + 0) * 0,8421 + (0 + 0 + 0) * 0,1 = 67.44 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Fűtési rendszer 2

3-as split klíma

 A_N : 40.00 m² (a rendszer alapterülete) q_f : 79.38 kWh/m²a (a fűtés fajlagos nettó hőenergia igénye)

Gree Comforth 7,6kW

 e_f : 1.80 (H hőszivattyús elektromos áram) e_{sus} : 0.10 C_k : 0.18 (a hőtermelő teljesítménytényezője) $q_{k,v}$: 0.00 kWh/m²a (segédenergia igény) $\alpha_k(C_k e_{sus} + (1 - C_k)) = 1 * (0,1818 * 0,1 + (1 - 0,1818)) = 0,8364$

Kétsőves radiátoros és beágyazott fűtés, elektronikus szabályozóval

 $q_{f,h}$: 0.70 kWh/m²a (a teljesítmény és a hőigény illesztésének pontatlansága miatti veszteség)

Elosztási veszteség nincs

 $q_{f,v}$: 0.00 kWh/m²a (az elosztóvezetékek fajlagos vesztesége)

Fan-coil, négy irányban fűvő

 E_{FSz} : 4.40 kWh/m²a (a keringtetés fajlagos energia igénye)

Tárolási veszteség nincs

 $q_{f,t}$: 0.00 kWh/m²a (a hőtárolás fajlagos vesztesége és segédenergia igénye) E_{FT} : 0.00 kWh/m²a $E_F = (q_f + q_{f,h} + q_{f,v} + q_{f,t}) \Sigma(C_k \alpha_k e_f) + (E_{FSz} + E_{FT} + q_{k,v}) e_v$ $E_F = (79,38 + 0,7 + 0 + 0) * 0,3273 + (4,4 + 0 + 0) * 2,5 = 37,21 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ $E_{F\text{ sus}} = (q_f + q_{f,h} + q_{f,v} + q_{f,t}) \Sigma(C_k \alpha_k e_{f\text{ sus}}) + (E_{FSz} + E_{FT} + q_{k,v}) e_{v\text{ sus}}$ $E_{F\text{ sus}} = (79,38 + 0,7 + 0 + 0) * 0,8364 + (4,4 + 0 + 0) * 0,1 = 67,42 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Fűtési rendszer

A_N : 15.42 m² (a rendszer alapterülete)
 q_f : 79.38 kWh/m²a (a fűtés fajlagos nettó hőenergia igénye)

Elektromos hőszigetelő
 e_f : 2.50 (elektromos áram)
 e_{sus} : 0.10
 C_k : 1.00 (a hőtermelő teljesítménytényezője)
 $q_{k,v}$: 0.00 kWh/m²a (segédenergia igény)

Hőszigetelő szabályozó termosztáttal
 $q_{f,h}$: 0.70 kWh/m²a (a teljesítmény és a hőigény illesztésének pontatlansága miatti veszteség)

Elosztási veszteség nincs
 $q_{f,v}$: 0.00 kWh/m²a (az elosztóvezetékek fajlagos vesztesége)

Keringtetési energia igény nincs
 E_{FSz} : 0.00 kWh/m²a (a keringtetés fajlagos energia igénye)

Tárolási veszteség nincs
 $q_{f,t}$: 0.00 kWh/m²a (a hő tárolás fajlagos vesztesége és segédenergia igénye)
 E_{FT} : 0.00 kWh/m²a

$$E_F = (q_f + q_{f,h} + q_{f,v} + q_{f,t}) \sum (C_k \alpha_k e_f) + (E_{FSz} + E_{FT} + q_{k,v}) e_v$$

$$E_F = (79,38 + 0,7 + 0 + 0) * 2,5 + (0 + 0 + 0) * 2,5 = 200,20 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$E_{F \text{ sus}} = (q_f + q_{f,h} + q_{f,v} + q_{f,t}) \sum (C_k \alpha_k e_{f \text{ sus}}) + (E_{FSz} + E_{FT} + q_{k,v}) e_{v \text{ sus}}$$

$$E_{F \text{ sus}} = (79,38 + 0,7 + 0 + 0) * 0,1 + (0 + 0 + 0) * 0,1 = 8,01 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

Melegvíz-termelő rendszer

A_N : 100.42 m² (a rendszer alapterülete)
 q_{HMV} : 27.01 kWh/m²a (a melegvíz készítés nettó energia igénye)

Elektromos üzemű hőszivattyú, távozó levegő/friss levegő hővisszanyerővel (hatásfok 80 %)
 e_{HMV} : 1.80 (H hőszivattyús elektromos áram)
 e_{sus} : 0.10
 C_k : 0.31 (a hőtermelő teljesítménytényezője)
 E_k : 0.00 kWh/m²a (segédenergia igény)
 $\alpha_k (C_k e_{sus} + (1 - C_k)) = 1 * (0,31 * 0,1 + (1 - 0,31)) = 0,721$

Elosztó vezetékek a fűtött térben belül, cirkulációval
 $q_{HMV,v}$: 24.00 % (a melegvíz elosztás fajlagos vesztesége)
 E_C : 1.13 kWh/m²a (a cirkulációs szivattyú fajlagos energia igénye)

Elhelyezés a fűtött térben, csúcson kívüli árammal működő elektromos boiler
 $q_{HMV,t}$: 20.00 % (a melegvíz tárolás fajlagos vesztesége)

$$E_{HMV} = q_{HMV} (1 + q_{HMV,v}/100 + q_{HMV,t}/100) \sum (C_k \alpha_k e_{HMV}) + (E_C + E_k) e_v$$

$$E_{HMV} = 27,01 * (1 + 0,24 + 0,2) * 0,558 + (1,13 + 0) * 2,5 = 24,53 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$E_{HMV \text{ sus}} = q_{HMV} (1 + q_{HMV,v}/100 + q_{HMV,t}/100) \sum (C_k \alpha_k e_{HMV \text{ sus}}) + (E_C + E_k) e_{v \text{ sus}}$$

$$E_{HMV \text{ sus}} = 27,01 * (1 + 0,24 + 0,2) * 0,721 + (1,13 + 0) * 0,1 = 28,16 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

C:\Users\miras\Documents\Bszepzd.wwp

2023. 11. 06.

WinWatt kócsag 9.01 (2023. 10. 19.) Copyright © Bausoft Pécsvárad Kft.

<http://www.bausoft.hu>

Hűtési rendszer

$A_{hü}$:	45.0 m ²	(a rendszer alapterülete)
$Q_{hü,n}$:	76,162 kWh/a	(a gépi hűtés éves nettó energiaigénye)
$Z_{hü}$:	0 h	(a hűtési időny hossza)
$V_{hü}$:	0.0 m ³ /h	(a levegő térfogatárama)

Gree Comfort klíma 5,3kW

e_f :	1.80	(H hőszivattyús elektromos áram)
e_{sus} :	0.10	
C_k :	0.14	(a hűtőgép teljesítménytényezője)
$Q_{hü,k}$:	0.00 kW	(segédenergia igény)
$\epsilon_{H,szab}$:	0.000	(szabályozási veszteségtényező)
$\Delta p_{hü}$:	0 Pa	(a rendszer áramlási ellenállása)
η_{vent} :	50.0 %	(a ventilátor összhatalásfoka)

$$E_{vent} = V_{LT} \Delta p_{LT} / 3600 \eta_{vent} Z_{a,LT} / 1000$$

$$E_{vent} = 0 * 0 / 3600 / 0,5 * 0 / 1000 = 0 \text{ kWh/a}$$

helyiségenkénti szabályozás

$f_{hü,sz}$:	5.00 %	(a teljesítmény és a hőigény illesztésének pontatlansága miatti veszteség)
---------------	--------	--

$$E_{hü} = (Q_{hü,n}(1 + f_{hü,sz}) + Q_{hü,v}) / A_N * \sum C_k \alpha_k e_{hü} + (E_{vent} + E_{hü,s} + Q_{hü,k} Z_{hü}) e_v / A_N$$

$$E_{hü} = (76,16 * (1 + 0,05) + 0) / 45 * 0,2466 + (0 + 0 + 0 * 0) / 45 * 2,5 = \mathbf{0.44 \text{ kWh/m}^2\text{a}}$$

$$E_{hü \text{ sus}} = (Q_{hü,n}(1 + f_{hü,sz}) + Q_{hü,v}) / A_N * \sum C_k \alpha_k e_{hü \text{ sus}} + (E_{vent} + E_{hü,s} + Q_{hü,k} Z_{hü}) e_{v \text{ sus}} / A_N$$

$$E_{hü \text{ sus}} = (76,16 * (1 + 0,05) + 0) / 45 * 0,0137 + (0 + 0 + 0 * 0) / 45 * 0,1 = 0.02 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

Hűtési rendszer 2

3-as split klíma

$A_{hü}$:	40.0 m ²	(a rendszer alapterülete)
$Q_{hü,n}$:	76.162 kWh/a	(a gépi hűtés éves nettó energiaigénye)
$Z_{hü}$:	0 h	(a hűtési idény hossza)
$V_{hü}$:	0.0 m ³ /h	(a levegő térfogatárama)

Gree Comforth 7,3kW

e_f :	1.80	(H hőszivattyús elektromos áram)
e_{sus} :	0.10	
C_k :	0.14	(a hűtőgép teljesítménytényezője)
$Q_{hü,k}$:	0.00 kW	(segédenergia igény)
$\epsilon_{H, szab}$:	0.000	(szabályozási veszteségtényező)
$\Delta p_{hü}$:	0 Pa	(a rendszer áramlási ellenállása)
η_{vent} :	50.0 %	(a ventilátor összehatásfoka)

$$E_{vent} = V_{LT} \Delta p_{LT} / 3600 \eta_{vent} Z_{a,LT} / 1000$$

$$E_{vent} = 0 * 0 / 3600 / 0,5 * 0 / 1000 = 0 \text{ kWh/a}$$

helyiségenkénti szabályozás

$f_{hü,sz}$:	5.00 %	(a teljesítmény és a hőigény illesztésének pontatlansága miatti veszteség)
---------------	--------	--

$$E_{hü} = (Q_{hü,n}(1 + f_{hü,sz}) + Q_{hü,v}) / A_N * \sum C_k \alpha_k e_{hü} + (E_{vent} + E_{hü,s} + Q_{hü,k} Z_{hü}) e_v / A_N$$

$$E_{hü} = (76.16 * (1 + 0.05) + 0) / 40 * 0.2571 + (0 + 0 + 0 * 0) / 40 * 2.5 = 0.51 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$E_{hü,sus} = (Q_{hü,n}(1 + f_{hü,sz}) + Q_{hü,v}) / A_N * \sum C_k \alpha_k e_{hü,sus} + (E_{vent} + E_{hü,s} + Q_{hü,k} Z_{hü}) e_{v,sus} / A_N$$

$$E_{hü,sus} = (76.16 * (1 + 0.05) + 0) / 40 * 0.01429 + (0 + 0 + 0 * 0) / 40 * 0.1 = 0.03 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

Világítási rendszer

össz világítás

A_N :	100.42 m ²	(a rendszer alapterülete)
v :	0.70	(a világítás korrekciós szorzója)

$$E_{vil} = (\sum E_{vil,n} / A_N) v e_v$$

$$E_{vil} = 0 * 0.7 * 2.5 = 0.00 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$E_{vil,sus} = (\sum E_{vil,n} / A_N) v e_{v,sus}$$

$$E_{vil,sus} = 0 * 0.7 * 0.1 = 0.00 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

Világítási rendszer

A_N :	100.42 m ²	(a rendszer alapterülete)
v :	1.00	(a világítás korrekciós szorzója)

$$E_{vil} = (\sum E_{vil,n} / A_N) v e_v$$

$$E_{vil} = 0 * 1 * 2.5 = 0.00 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$E_{vil,sus} = (\sum E_{vil,n} / A_N) v e_{v,sus}$$

$$E_{vil,sus} = 0 * 1 * 0.1 = 0.00 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

Nyerességáram forrás

napelem

Q_{+} : 4400 kWh/a (éves energia nyereség)
 e_{+} : 2.50 (elektromos áram)
 e_{+sus} : 1.00

$$E_{+} = Q_{+} \cdot e_{+} / A_N = -4400 \cdot 2,5 / 100,42 = -109,53 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$E_{+-sus} = Q_{+} \cdot e_{+-sus} / A_N = 4400 \cdot 1 / 100,42 = 43,81 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

Az épület(rész) összesített energetikai jellemzője

$$(\Sigma A_{F,i} \cdot E_{F,i}) / A_N = (45,0 \cdot 25,29 + 40,0 \cdot 37,21 + 15,4 \cdot 200,20) / 100,4 \text{ m}^2 = 56,89 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$(\Sigma A_{vil,i} \cdot E_{vil,i}) / A_N = (100,4 \cdot 0,00 + 100,4 \cdot 0,00) / 100,4 \text{ m}^2 = 0 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$(\Sigma A_{hü,i} \cdot E_{hü,i}) / A_N = (45,0 \cdot 0,44 + 40,0 \cdot 0,51) / 100,4 \text{ m}^2 = 0,4 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$E_P = E_F + E_{HVMV} + E_{vil} + E_{LT} + E_{hü} + E_{+-} = 56,89 + 24,53 + 0 + 0 + 0,4 + -109,53$$

$$E_P: -27,71 \text{ kWh/m}^2\text{a} \text{ (az összesített energetikai jellemző számított értéke)}$$

$$E_{Pmax}: 100,00 \text{ kWh/m}^2\text{a} \text{ (az összesített energetikai jellemző megengedett értéke)}$$

Az épület(rész) az összesített energetikai jellemző alapján megfelel.

$$E_{sus} = E_{F sus} + E_{HVMV sus} + E_{vil sus} + E_{LT sus} + E_{hü sus} + E_{nyer sus}$$

$$E_{sus} = 58,3 + 28,16 + 0 + 0 + 0,02 + 43,81 = 130,29 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

$$MER = E_{sus} / E_P = 130,29 / -27,71 = 1000,0 \% \text{ (Megújuló részarány)}$$

A megújuló részarány a közel nulla energiaigényű épületek követelményszintnek megfelel.**Becsült éves fogyasztás energiahordozók szerint**

Energiahordozó típusa	E [MWh/a]	e [-]	E_{prim} [MWh/a]	e_{CO2} [g/kWh]	E_{CO2} [t/a]	H	F [a]
elektromos áram	-2,88	2,50	-7,19	365	-1,05	-	-2,9 MWh
H hőszivattyús elektromos áram	2,45	1,80	4,41	365	0,89	-	2,4 MWh
környezeti hő	8,29	-	-	-	-	-	29,8 GJ
Összesen			-2,78		-0,16		

A számítás a 7/2006. TNM rendelet 2021.I.1-i állapot szerint készült.**A közel nulla energiaigényű épületek követelményszint (6. melléklet) szerint.**

.....
aláírás

3. Melléklet: Toyota üzemanyag cella stratégiája

On track for a 2015 launch, Toyota's small, light-weight fuel cell stack is more efficient than ever.

A new fuel cell stack, with more than twice the power output density

Toyota's new fuel cell stack has an output of at least 100 kW and a power output density of 3.0 kW/L (more than twice the power output density of the FC stack in the Toyota FCHV-adv). In addition, the new FC system is equipped with Toyota's high-efficiency boost converter. Increasing the voltage has made it possible to reduce the size of the motor and the number of fuel cells, leading to a smaller system offering enhanced performance at reduced cost.

Driving range of about 700 km

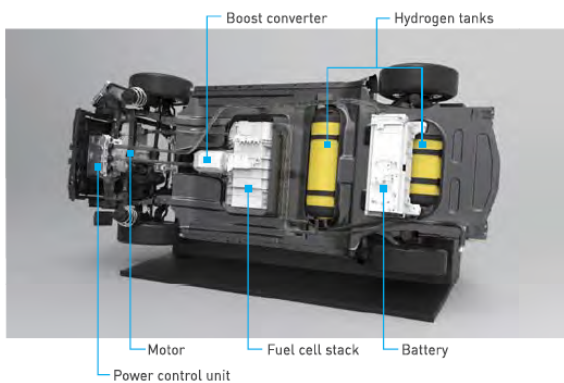
The vehicle has a driving range of approximately 700 km (under the Japanese MLIT JC08 test cycle; based on in-house calculations). Refueling time is as low as three minutes, roughly the same as for a gasoline vehicle.



Fuel cell stack

Toyota's fuel cell stack no longer requires a humidifier to supply moisture from a source outside the stack. Instead, water produced during power generation is recirculated inside the fuel cells themselves. In addition to simplifying the structure of the fuel cell system, this improves reliability and reduces size, weight and cost.

Toyota FCV Concept: System configuration



From four hydrogen tanks to two

Toyota's new FCV sedan is spacious enough to seat four, thanks to the under-seat placement of two proprietary 70 MPa high-pressure hydrogen tanks (as opposed to the four tanks on board the FCHV-adv).

Main Specifications

	Name	Toyota FCV Concept
Vehicle	Overall length / Width / Height	4,870 mm / 1,810 mm / 1,535 mm
	Seating capacity	4
	Max cruising range	Approx. 700 km (JC08 Mode, in-house measurements)
	Maximum speed	More than 170 km/h
	Vehicle system efficiency	65% (LA#4 mode, in-house measurements)
Fuel Cell stack	Type	Polymer electrolyte (no humidifier)
	Output power density	3.0 kW/L
	Output	More than 100 kW
	Cold start capability	-30 °C
Hydrogen tank	Storage type	High pressure tank (2 units)
	Storage pressure	70 MPa
	Storage density*	5.7 wt%

*Hydrogen storage per unit tank weight

Toyota's fuel cell stack: Providing world-leading performance

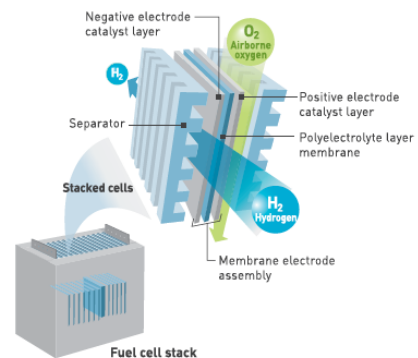


Using hundreds of individual fuel cells to make a fuel cell “stack”

Fuel cell vehicles are powered by electricity generated through a chemical reaction between hydrogen and oxygen. Inside each individual fuel cell in the stack, a polyelectrolyte layer membrane sits between an anode (negative side) and cathode (positive side). The anode, cathode, and polyelectrolyte membrane together form the MEA (membrane electrode assembly), a polymer electrolyte membrane with catalyst layers applied, which is positioned between two separators. As each individual cell can only yield less than one volt, hundreds of cells are connected in series to increase the voltage. This combined body of cells is called a fuel cell stack (FC stack), also commonly referred to as a fuel cell unit.

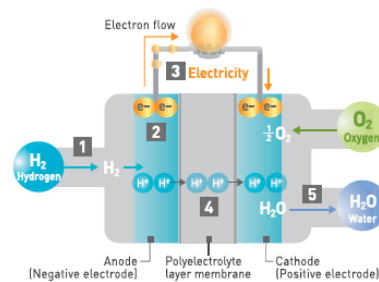
Toyota's philosophy is to develop key technologies in-house, and its proprietary FC stack is a worldwide performance leader among vehicular fuel cell stacks.

Fuel cell vehicles are remarkably efficient, as they generate electricity directly from hydrogen. A fuel cell vehicle can convert 83 percent of hydrogen's energy into usable power—about twice the efficiency possible with current gasoline engines.



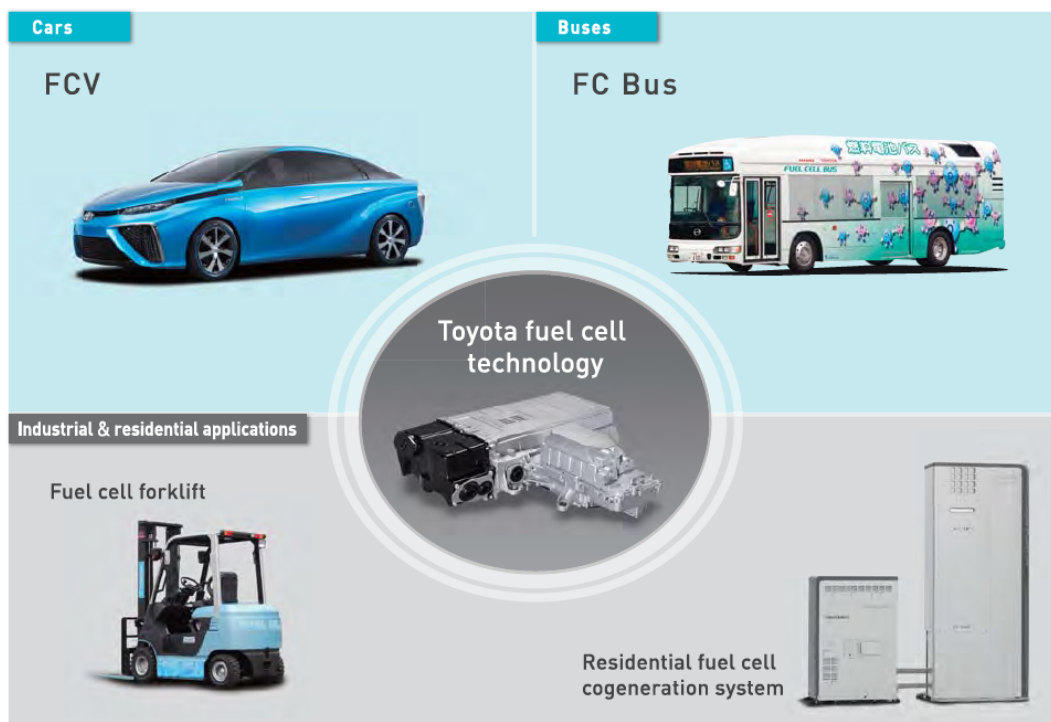
Making electricity from hydrogen and oxygen—how it works

- 1 Hydrogen (H_2) is supplied to the anode
- 2 Hydrogen molecules activated by the anode release electrons (e^-)
- 3 The electrons released from hydrogen travel from the anode to the cathode, creating an electrical current
- 4 Hydrogen molecules that released electrons become hydrogen ions (H^+) and move through the polymer electrolyte membrane to the cathode (positive) side
- 5 Hydrogen ions bond with airborne oxygen and electrons on the cathode to form water (H_2O)



Toyota fuel cell technology: Not limited to cars

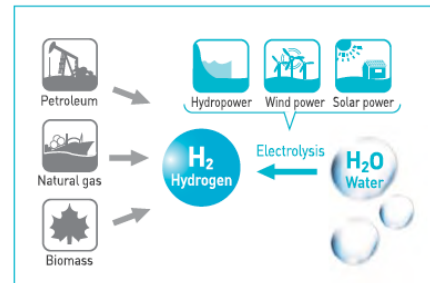
Besides passenger cars, Toyota's fuel cell technology is being used in a wide variety of applications. In addition to the FCV sedan planned for launch in 2015, Toyota and Hino Motors plan to launch the co-developed FC Bus in 2016. Toyota is also working with Toyota Industries on a fuel cell forklift and with Aisin Seiki on a residential fuel cell cogeneration system that was launched in 2012.



A world that runs on hydrogen

Hydrogen as energy

Hydrogen is the lightest element in the periodic table. It is colorless, odorless, tasteless and non-toxic. Unlike carbon dioxide, hydrogen allows infrared rays to penetrate, which means it does not contribute to global warming. When burned, it combines with oxygen to form water. Hydrogen can be obtained from a wide variety of materials ranging from petroleum and natural gas to biomass. It can also be produced by the electrolysis of water. If electricity for electrolysis is obtained from renewable energy sources such as solar power, wind power or hydropower, we can make hydrogen without emitting significant amounts of CO₂. Hydrogen has a higher energy density than batteries, and it is easy to store, making it a strong candidate as a source of energy in the future.

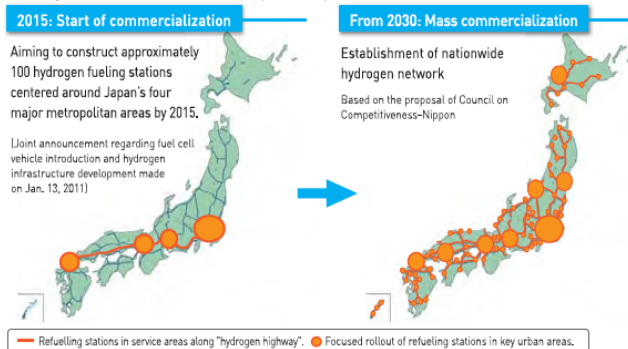


Ensuring hydrogen safety in FCVs

Hydrogen only combusts if it accumulates in a confined space. If it leaks, its density rapidly falls below its flammable range*. Toyota's approach to hydrogen safety for FCVs focuses on the key need to prevent hydrogen from leaking. If any leakage is detected, it must be stopped instantly and leaked hydrogen must not be allowed to collect.

*Flammable range indicates the level of concentration in air necessary for combustion of a substance to occur. The flammable range of hydrogen is between 4% and 75%.

Hydrogen station establishment plan: Japan



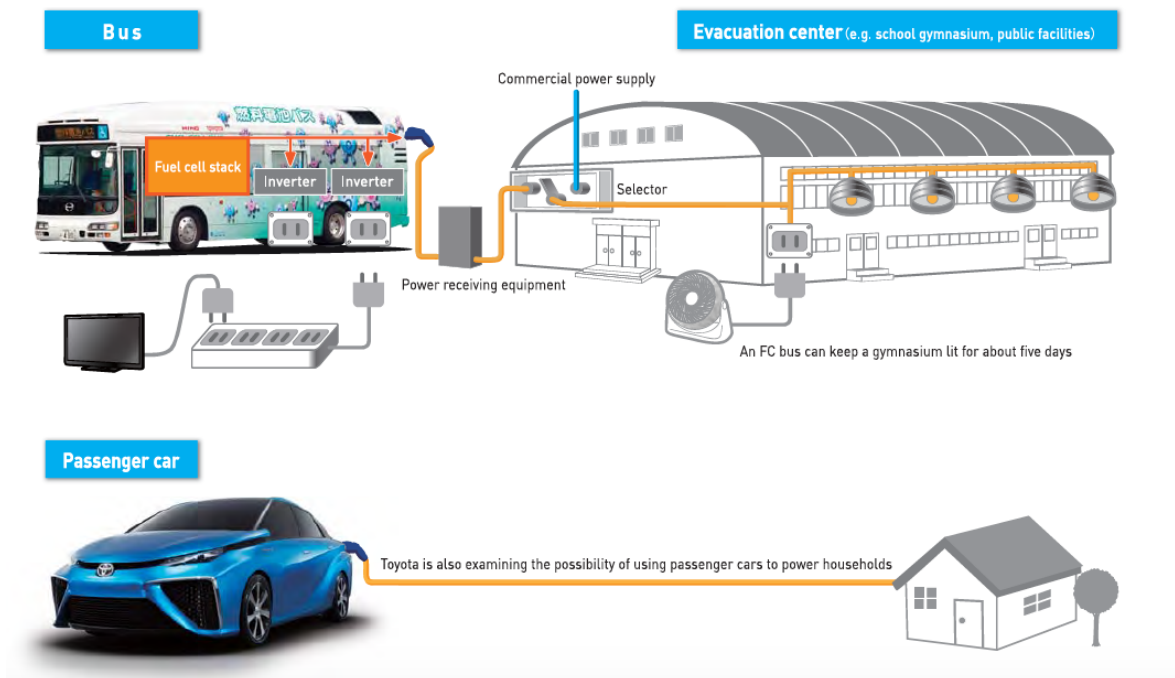
Commercial hydrogen stations currently in Japan

Name	Toyota Ecoful Town Hydrogen Station (Toyota City, Aichi Prefecture)	Kaminokura Hydrogen Station (Nagoya City, Aichi Prefecture)	Ebina Central Hydrogen Station (Ebina City, Kanagawa Prefecture)
Raw material	City gas	LPG	Compressed hydrogen
Characteristics	Direct charging Able to fuel large capacity tanks	Installed at gasoline station 80MPa CFRP containers	Installed at gasoline station 80MPa CFRP containers
Loading pressure	70/35 MPa	70 MPa	70 MPa

FCVs and society

External power supply system

Considering their extraordinarily high power output density, we believe that FCVs have a great deal of potential as mobile power supply units. They could be particularly useful in the event of a natural disaster, when there is limited access to electricity by conventional means. We hope that this potential additional function of FCVs will increase their utility and provide significant value to society.



4. Melléklet: Az Európai Unió hidrogén stratégiája (20 lépéses akcióterv)

EU Hydrogen strategy

The EU strategy on hydrogen (COM/2020/301) was adopted in 2020 and suggested policy action points in 5 areas: investment support; support production and demand; creating a hydrogen market and infrastructure; research and cooperation and international cooperation

The full list of 20 key actions was implemented by the first quarter of 2022. Hydrogen is also an important part of the EU strategy for energy system integration.

Since, the Fit-for-55 package (July 2021) has put forward a number of legislative proposals that translate the European hydrogen strategy into concrete European hydrogen policy framework. This includes proposals to set targets for the uptake of renewable hydrogen in industry and transport by 2030. It also includes the Hydrogen and decarbonised gas market package (COM/2021/803 final and COM/2021/804 final), which puts forward proposals to support the creation of optimum and dedicated infrastructure for hydrogen, as well as an efficient hydrogen market.

Furthermore, the recovery plan NextGenerationEU has been made available to EU countries to invest in hydrogen projects across the value chain.

Investment support has also been provided through the Important Projects of Common European Interest (IPCEIs) on hydrogen. The first IPCEI, called "IPCEI Hy2Tech", which includes 41 projects and was approved in July 2022, aims at developing innovative technologies for the hydrogen value chain to decarbonise industrial processes and the mobility sector, with a focus on end-users.

In September 2022, the Commission approved "IPCEI Hy2Use", which complements IPCEI Hy2Tech and which will support the construction of hydrogen-related infrastructure and the development of innovative and more sustainable technologies for the integration of hydrogen into the industrial sector. Finally, the Clean Hydrogen Partnership was established in November 2021 (taking over from FCH 2 JU) to support research and innovation in the hydrogen ecosystem.

The policy framework was completed with 2 delegated acts, formally adopted on 20 June 2023, applicable to renewable hydrogen under the 2018 Renewable Energy Directive. The first one covers renewable fuels of non-biological origin (RFNBOs) and sets the criteria for products that fall under the ‘renewable hydrogen’ category. The other one puts forward a detailed scheme to calculate the life-cycle emissions of renewable hydrogen and recycled carbon fuels to meet the greenhouse gas emission reduction threshold set in the directive.

An Investment Agenda for EU

Key action 1

Through the European Clean Hydrogen Alliance, develop an investment agenda to stimulate the roll out of production and use of hydrogen, and build a concrete pipeline of projects.

Follow-up: The Hydrogen pipeline includes over 750 projects collected under the Clean Hydrogen Alliance.

Key action 2

Support strategic investments in clean hydrogen in the context of the Commission’s recovery plan, in particular through the Strategic European Investment Window of InvestEU.

Follow-up: The scoreboard reveals that 15 EU countries have included hydrogen in their Recovery and Resilience Plans, amounting to 9.3 billion.

Boosting Demand For and Scaling Up Production

Key action 3

Propose measures to facilitate the use of hydrogen and its derivatives in the transport sector in the Commission’s upcoming Sustainable and Smart Mobility Strategy, and in related policy initiatives.

Follow-up: The Sustainable and Smart Mobility Strategy was published in December 2020.

Key action 4

Explore additional support measures, including demand-side policies in end-use sectors, for renewable hydrogen building on the existing provisions of the Renewable Energy Directive.

Follow-up: The proposal for the Renewable Energy Directive includes sub-targets for renewable hydrogen in industry and transport.

Key action 5

Work to introduce a common low-carbon threshold/standard for the promotion of hydrogen production installations based on their full life-cycle greenhouse gas performance.

Follow-up: A common threshold for low-carbon hydrogen was included in the proposed directive on the internal market in hydrogen.

Key action 6

Work to introduce a comprehensive terminology and European-wide criteria for the certification of renewable and low-carbon hydrogen.

Follow-up: The proposal for the Renewable Energy Directive and the proposed directive on the internal market in hydrogen include certification schemes for renewable and low-carbon hydrogen.

Key action 7

Develop a pilot scheme – preferably at EU level – for a Carbon Contracts for Difference programme, in particular to support the production of low carbon and circular steel, and basic chemicals.

Follow-up: The proposed revision of the EU Emissions Trading scheme includes the option to introduce carbon contracts for difference.

Designing and enabling and supportive framework

Key action 8

Start the planning of hydrogen infrastructure, including in the Trans-European Networks for Energy and Transport and the Ten-Year Network Development Plans taking also into account the planning of a network of fuelling stations.

Follow-up: The proposal for Trans-European Energy Infrastructure and the proposal for regulation on the internal markets for hydrogen include coordinated planning of hydrogen infrastructure.

Key action 9

Accelerate the deployment of different refuelling infrastructure in the revision of the Alternative Fuels Infrastructure Directive and the revision of the Regulation on the Trans-European Transport Network.

Follow-up: The proposals for the Alternative Fuels Infrastructure and Trans-European Transport Network include support for the roll-out of hydrogen refuelling stations.

Key action 10

Design enabling market rules to the deployment of hydrogen, including removing barriers for efficient hydrogen infrastructure development, and ensure access to liquid markets for hydrogen producers and customers and the integrity of the internal gas market through the

upcoming legislative reviews (e.g. review of the gas legislation for competitive decarbonised gas markets).

Follow-up: The proposal for regulation on the internal markets for hydrogen and the proposed directive on the internal market in hydrogen include proposals covering hydrogen infrastructure, access to hydrogen markets and the integrity of the market.

Key action 11

Launch a 100 MW electrolyser and a Green Airports and Ports call for proposals as part of the European Green Deal call under Horizon 2020.

Follow-up: The Horizon2020 call resulted in the financing of three 100 MW renewable hydrogen electrolysers in Germany, the Netherlands and Portugal.

Key action 12

Establish the proposed Clean Hydrogen Partnership, focusing on renewable hydrogen production, storage, transport, distribution and key components for priority end-uses of clean hydrogen at a competitive price.

Follow-up: The Clean Hydrogen Partnership has been launched with €1 billion from the EU's Horizon research funding and €1 billion from industry partners.

Key action 13

Steer the development of key pilot projects that support hydrogen value chains, in coordination with the SET Plan.

Follow-up: Hydrogen has been integrated into Implementation Working Group on Renewable Fuels under the SET Plan activities.

Key action 14

Facilitate the demonstration of innovative hydrogen-based technologies through the launch of calls for proposals under the ETS Innovation Fund.

Follow-up: The first round of the Innovation Fund included three (out of 7) hydrogen projects under the call for 'large-scale projects', and 5 (out of 32) hydrogen projects under the call for 'small-scale projects'.

Key action 15

Launch a call for pilot action on interregional innovation under cohesion policy on Hydrogen Technologies in carbon-intensive regions.

Follow-up: Two European Hydrogen Valley partnerships were supported under the interregional innovation action.

The International Dimension

Key action 16

Strengthen EU leadership in international fora for technical standards, regulations and definitions on hydrogen.

Follow-up: The IPHE published the methodology working paper on the greenhouse gas emissions associated with the production of hydrogen.

Key action 17

Develop the hydrogen mission within the next mandate of Mission Innovation (MI2).

Follow-up: Co-leading the Clean Hydrogen Mission launched under Mission Innovation.

Key action 18

Promote cooperation with Southern and Eastern Neighbourhood partners and Energy Community countries, notably Ukraine, on renewable electricity and hydrogen.

Follow-up: Joint communication on the Southern Neighbourhood with hydrogen production as new strategic priority, and hydrogen workshop under the Eastern Partnership.

Key action 19

Set out a cooperation process on renewable hydrogen with the African Union in the framework of the Africa-Europe Green Energy Initiative.

Follow-up: Africa-EU Green Energy Initiative launched on 18 February, with hydrogen being part of the 'renewables' priority. Furthermore, provided technical assistance on hydrogen to African countries and regions.

Key action 20

Develop a benchmark for euro-denominated transactions.

Follow-up: Hydrogen included in the communication on 'European economic and financial system: fostering openness, strength and resilience'.

5. Melléklet: Toyota Woven City, a jövőváros



An unprecedented step toward achieving a carbon-neutral society

ENEOS Corporation (ENEOS) and Toyota Motor Corporation (Toyota) have signed a joint agreement to explore CO₂-free hydrogen production and usage at Woven City, the prototype city of the future that Toyota has started to develop in Susono City, Shizuoka Prefecture, Japan. Together with Toyota's subsidiary Woven Planet Holdings, Inc. (Woven Planet), they will accelerate efforts by managing technical logistics.

As described in the Basic Agreement signed in 2021, ENEOS and Toyota have decided to commence construction and operation of a hydrogen refueling station in close proximity to Woven City to produce and supply CO₂-free hydrogen to Woven City and Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs) (Item 1 and 2 set forth below). Together, they will also research and design an efficient hydrogen supply and demand management system (Item 3 described below). The ENEOS hydrogen refueling station is scheduled to begin operations before the opening of Woven City in 2024-2025.

Items to be considered at the time of the basic agreement*1

1. ENEOS to establish and operate a hydrogen refueling station in close proximity to Woven City

2. ENEOS to produce "green hydrogen," hydrogen derived from renewable energy, by electrolyzers at the aforementioned station and supply it to Woven City to be used at a stationary fuel cell generator that will be installed within Woven City by Toyota
3. Promote the use of hydrogen-powered fuel cell mobility for logistics in and nearby Woven City. Validate a base unit*2 of hydrogen demand for those mobility logistics as well as build a supply and demand management system
4. Conduct joint advanced research on hydrogen supply at the demonstration hub to be established within Woven City

Items that have been decided in the joint development agreement

Item 1)

- Construct a hydrogen refueling station adjacent to Woven City

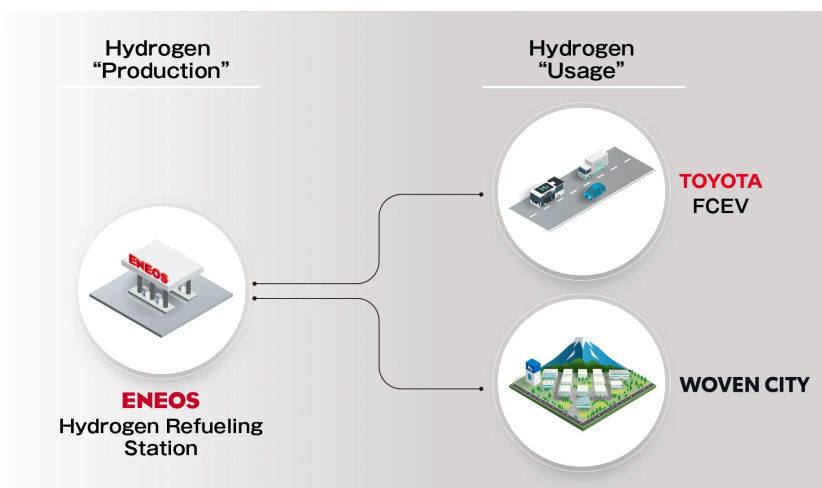
(Scheduled to be constructed at 1576-3, Mishuku Aza Hounokidaira, Susono-city, Shizuoka-Pref., Japan)

Item 2)

- Install electrolyzers at the hydrogen refueling station, which will produce CO2-free hydrogen using electricity generated by renewable energy
- Supply CO2-free hydrogen to not only various FCEVs from passenger cars to commercial vehicles but also to Woven City using a pipeline
- Install a stationary fuel cell generator at the hydrogen refueling station in case of a power outage*3

Item 3)

- Consider connecting the Community Energy Management System (CEMS) of Woven City with the hydrogen EMS of ENEOS to optimize hydrogen production



The ENEOS hydrogen refueling station will “produce” the hydrogen that will meet the energy needs of “users,” FCEVs in and around Woven City and Woven City as well. This collaboration expedites our progress toward realizing a truly carbon-neutral society and will facilitate and normalize clean energy operations first at Woven City and eventually the world.

Woven City is the project of Toyota aiming to create happiness through mobility of "people," "goods," and "information." It is focused on three pillars. That are: Human-Centered City that makes people happier in their everyday lives, considering the needs of different kinds of people before and during the development of technology; Living Laboratory, the first-of-its-kind test track for mobility where researchers, engineers, and scientists demonstrate innovative ideas and future technologies both virtually and in the real world; and Ever-Evolving City, rooted in Toyota’s kaizen (continuous improvement) approach, is focused on new ideas that provide better mobility of information, goods, and people.