

NAPKÖVETŐ NAPELEM MOZGATÓ SZERKEZET TERVEZÉSE

Besenyei István

hallgató, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: bogar1997@gmail.com

Bihari Zoltán

egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: machbz@uni-miskolc.hu

Absztrakt

A megújuló energiaforrások használata az elmúlt néhány évtizedben ugrásszerűen megnőtt. Ez a cikk egy napkövető napelem mozgató szerkezet tervezésének főbb lépéseit részletezi. A megoldásváltozatok alapján a legjobb konstrukciót kiválasztva, egy egyszerűen összeállítható szerkezet felépítése a cél.

Kulcsszavak: napelem, megújuló energia

Abstract

The use of renewable energy sources has increased exponentially over the last few decades. This article details the main steps of designing a solar tracking actuator. Selecting the best construction based on the solution variants, the goal is to build a structure which is easy to assemble.

Keywords: solarcell, renewable energy

1. Bevezetés

A szakirodalomból ismert, hogy a napelemek által termelt energia nagy mértékben függ a Nap besugárzásának irányától. Joggal merülhet fel a kérdés, hogy nem lenne-e célszerű egy olyan berendezés megtervezése, amely a nap minden szakában ideális szögben fordulna a Nap felé. Egyes szakvélemények szerint ez akár 30 %-al is megnövelhetné a napi energiatermelést. Ennek a tanulmánynak a célja egy olyan mozgató berendezés kísérleti prototípusának a megtervezése, amellyel méréseket végezhetünk a fenti állítás bizonyítására. Amennyiben a vizsgálatok a jövőben kedvező eredménnyel zárulnak, javasolt elgondolkozni olyan szerkezet megépítésén, amely a jelenlegi kísérleti berendezésnél költséghatékonyabb módon mind magánszemélyek, mind kis- és középvállalatok energiatermelését kedvezőbbé teheti.

2. Megújuló energiaforrások

A mindennapjainkhoz szükséges közlekedési eszközök hajtásához, valamint az elektromos áram előállításához évszázadokon keresztül leginkább a fosszilis tüzelőanyagok elégetését használtuk. Ezeknek a tüzelőanyagoknak (pl.: a kőolaj és a földgáz) a Földön fellelhető mennyisége korlátos. A megújuló energiaforrások használata az elmúlt néhány évtizedben ugrásszerűen megnőtt.

A megújuló energiaforrások abban különböznek a fosszilis tüzelőanyagoktól, hogy az általuk termelt zöld energia gyakorlatilag kimeríthetetlen mennyiségben a rendelkezésünkre áll és bizonyos időn belül újratermelődik (www.energiaporta.hu).

Különböző típusait különböztetjük meg a megújuló energiaforrásoknak: szélenergia (1. ábra), vízenergia (2. ábra), biomassza (3. ábra), geotermikus energia (4. ábra), napenergia (5. ábra).



1. ábra. Szélturbinák
(www.energiaporta.hu)



2. ábra. Vízenergia
(www.google.hu)



3. ábra. Körbálák
(www.energiapedia.hu)



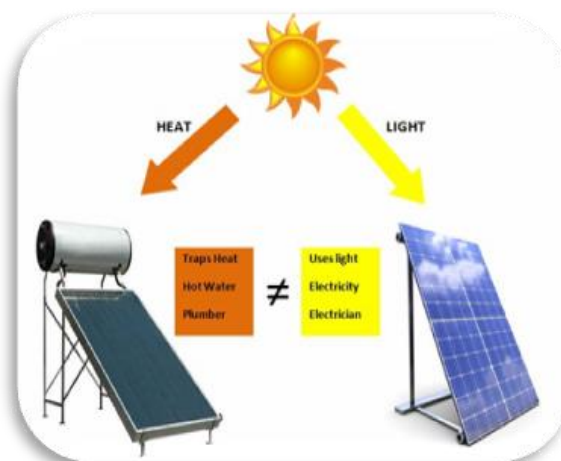
4. ábra. Gejzír
(www.femina.hu)



5. ábra.. Napelem farm
(www.napelemek-napkollektorok.hu)

3. Napenergia

A Napenergia nem más, mint a Napban lejátszódó magfúziós folyamatok során felszabaduló energia. Ez az energia éri a földfelszín hő és fény formájában. A Napenergia felhasználásánál megkülönböztetünk aktív és passzív energiatermelést. A passzív energiatermelés során az üvegházhatást használják fel hőtermelésre. Aktív energiatermelés esetén az erre a célra fejlesztett berendezésekkel hasznosítjuk a napsugárzást. Ilyen berendezés pl.: a napelem és a napkollektor.



6. ábra. Napkollektor és napelem
(www.zoldhazepites.hu)

A napkollektor a napsugárzást elnyeli, majd hővé alakítja. A keletkezett hőenergia felhasználható épületek fűtésére, medencék vizének fűtésére, valamint használati-melegvíz készítésére.

„A napelem a napfényt közvetlenül képes átalakítani energiává a fotovoltaiikus hatás révén. A napelem panelek által felfogott napfényt egyenárammá alakítja, majd továbbítja a napelem inverternek. A napelem inverter képes tovább alakítani az egyenáramot váltóárammá, amit már fel tud használni bármely elektromos berendezés. Számos típusa van, de a legelterjedtebbek a kristályos technológián alapuló típusok. A három leggyakrabban előforduló típus a monokristályos, a polikristályos és a vékonyrétegű napelem.” (www.alternativenergia.hu)

A Napenergia alkalmazásának számos előnye van, többek között környezetkímélő, kimeríthetetlen energiaforrás, mindenki számára költségmentesen elérhető és az ember lakta területeken nagyrészt alkalmazható (6. ábra).

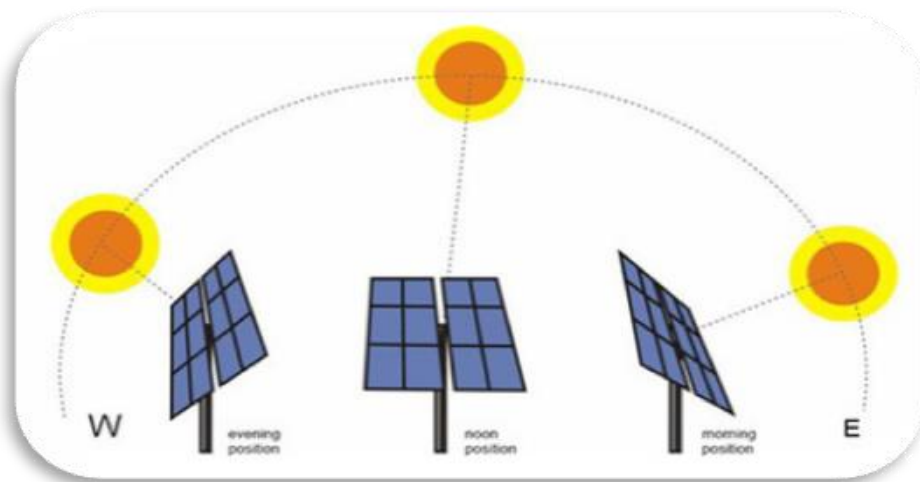
4. Napkövető napelemes rendszerek

Egy napelem várható legmagasabb energiahozama megadható annak tájolása és dőlésszöge alapján, figyelembe véve a területi elhelyezkedést.

Napelemeket leggyakrabban házak tetőfelületeire telepítenek a helygazdálkodás miatt. Déli tájolásnál 35 fokos dőlésszög esetén az éves napenergiahozam a legkedvezőbb, egy telepített napelemrendszer energiahozama elérheti az 1000 kWh-t is. Azonban más dőlésszög és tájolás esetén ez az érték akár 25-30%-kal is lecsökkenhet.

A hozamcsökkenés kiküszöbölhető egy speciális tartószerkezet kiépítésével, ami a napelemrendszert kiemeli a síkból, azonban ezek a szerkezetek fokozott időjárási terheléseknek, pl.: szélviharoknak vannak kitéve, így egy gyengébb tetőszerkezetre való telepítésük nem ajánlott.

Azt, hogy mekkora az elérhető napenergia hozama, leginkább a napelemek száma befolyásolja. Nagyszámú napelemmel rendelkező rendszerhez speciális tartószerkezet kiépítése ajánlott vagy az úgynevezett trackelés, ami mechanikus, napkövető napelem mozgató rendszer kiépítését jelenti.



7. ábra. A Nap mozgásának lekövetése
(www.indiamart.com)

A talajon elhelyezett rendszereket napkelte-től egészen napnyugtáig lehet üzemeltetni, valamint az összetett technológiának köszönhetően a rendszer úgy pozícionálja a napelemeket, hogy a beérkező napsugarak derékszögben ériék a felületüket (7. ábra).

A tengelyek száma szerint két különböző megoldást alkalmaznak a napkövető rendszer telepítése során: egytengelyen (8. ábra) és kéttengelyen (9. ábra) futó rendszert. Az egytengelyen futó rendszer becsült energiahozama 25-30%, valamint helykihasználás szempontjából is kedvezőbb. A kéttengelyen futó rendszerrel a fix telepítésű 35 fokos dőlésszögben elhelyezett rendszerekhez képest további 30%-os többletermelés érhető el.

A valós idejű érzékelő mechanikával ellátott rendszerek a napelemek felületét mindig az optimális irányba fordítják ezzel növelve az energiatermelést.

Ezzel szemben a fény szenzoros rendszerek mindig a legfényesebb pontot keresik meg az égen, és arra merőlegesen állítják be a napkövető egység napelemeit. A fény szenzoros rendszerek előnye, hogy használatukkal kiküszöbölhető a hőtakarás miatti teljesítménycsökkenés és kisebb teljesítményű a rendszerigényük, valamint ezekhez kisebb inverter is elegendő. (www.napelem.blog.hu)



8. ábra. Egytengelyes változat
(www.new.siemens.com)

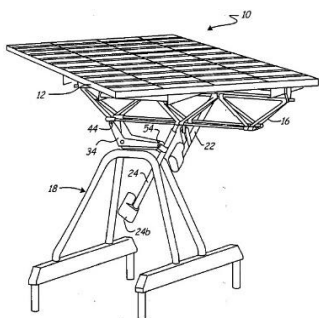


9. ábra. Kéttengelyes változat
(www.new.siemens.com)

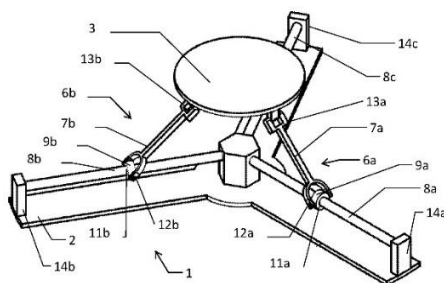
5. Szabadalom és piackutatás

A napkövető rendszereknek számos változata fellelhető különböző szabadalmi ötletek formájában, valamint a piacon is. Ahhoz, hogy kellő ismeretet kaphassunk ezekről a termékekről, összegyűjtöttünk néhány szabadalmat (10. ábra, 11. ábra, 12. ábra, 13. ábra, 14. ábra) és piaci terméket (15. ábra, 16. ábra, 17. ábra, 18. ábra, 19. ábra).

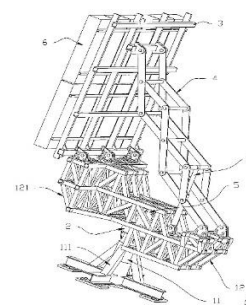
Szabadalmak (www.worldwide.espacenet.com)



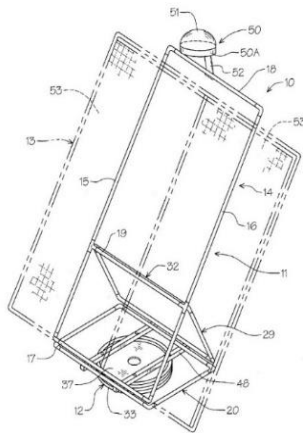
10. ábra. Napelemkövető vízszintes helyzetben



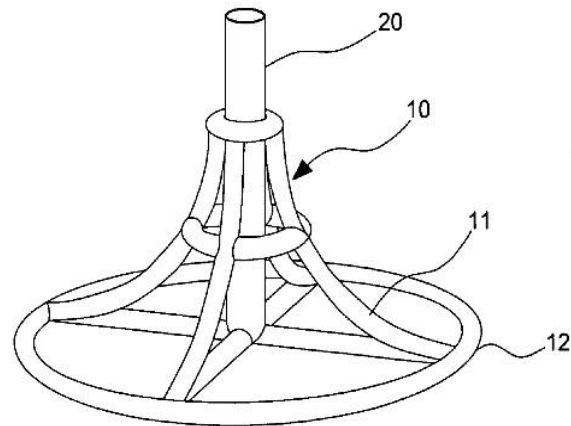
11. ábra. Gömb alakú napelemes követő



12. ábra. Horizontális napelemes követő



13. ábra. Hordozható napelemes követő eszköz



14. ábra. Talprész

Kereskedelmi forgalomban lévő termékek:



15. ábra. Egytengelyes solartracker (www.supernovatech.in)



16. ábra. STR-22G (www.directindustry.com)



17. ábra. Rawlemon (www.pto.hu)



18. ábra. Smartflowersolar panel (www.elitereaders.com)

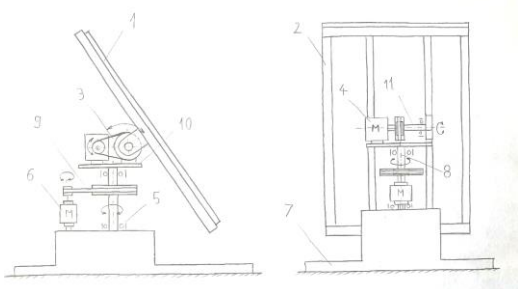


19. ábra. Kéttengelyes hajtómű (www.ludetransmission.com)

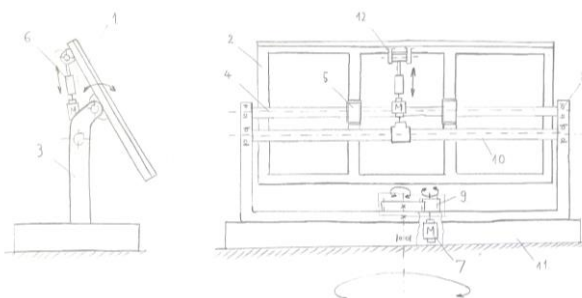
6. Megoldásváltozatok

A megoldásváltozatok lehetőséget teremtenek arra, hogy a lehető legtöbb változatot megvizsgáljuk, valamint az ezt követő értékelemzés alapján a lehető legjobb konstrukció mellett döntsünk. Fontos megemlíteni, hogy a tervezés ezen fázisában elegendő elviekben működőképes ötleteket felsorakoztatni, a precíz konstrukciós kidolgozás csak az értékelést követő, legjobbnak ítélt változat esetén válik szükségessé, amely a tervezési fázis egy későbbi része.

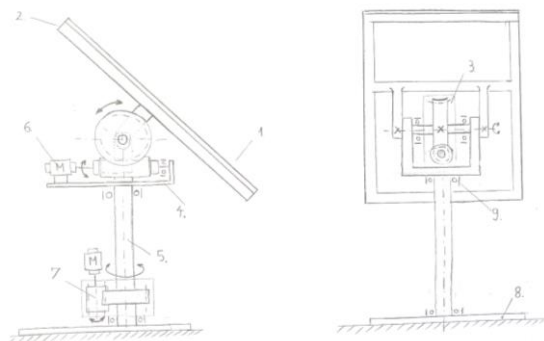
A napelemes szerkezetekről szerzett eddigi ismeretek alapján, valamint a korábban megismert szabadalmak és piacon lévő termékek segítségével olyan megoldásváltozatok kerültek kidolgozásra, amelyek 1 db napelem panel mozgatására alkalmasak, vertikálisan és horizontálisan is képesek mozogni, valamint az egyszerű felépítésüknek köszönhetően bárki számára megvalósíthatók.



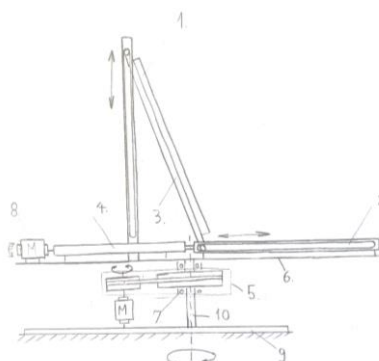
20. ábra. Első változat



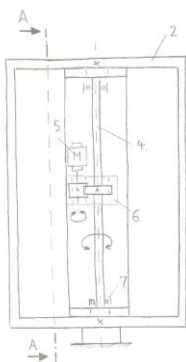
21. ábra. Második változat



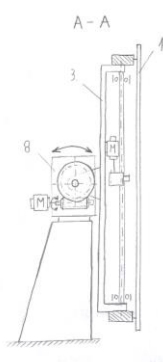
22. ábra. Harmadik változat



23. ábra. Negyedik változat



24. ábra. Ötödik változat



7. Értékelés

A megoldásváltozatok (20. ábra, 21. ábra, 22. ábra, 23. ábra, 24. ábra) közül nem lehet elsősre eldönteni, hogy melyik bizonyul a legjobb megoldásnak, ezért célszerű valamilyen módszer segítségével összehasonlítani őket, mint pl.: a Dátum módszerrel. A módszer lényege, hogy az öt megoldásváltozat közül egyet önkényesen ki kell választani (dátum) és a többit ehhez kell viszonyítani a különböző szempontok szerint. Abban az esetben, ha a vizsgált változat jobb, mint a dátum, akkor 1-es értéket kap, ha rosszabb, akkor -1-et, ha pedig egyforma mértékben elégíti ki az értékelemzési szempontot, akkor 0-át. Ennek megfelelően a sorok értékét összegezni kell, majd pedig az összérték alapján felállítható a megoldásváltozatok sorrendje. Önkényesen választott dátum: Negyedik megoldásváltozat.

1. táblázat. Megoldásváltozatok értékelése

| | Tengely igénybevételei | Felépítés ésszerűsége | Működés elve | Súrlódó, kopásnak kitétt pontok | Megvalósíthatóság | Σ | Sorrend |
|--------------------|------------------------|-----------------------|--------------|---------------------------------|-------------------|----------|---------|
| D - V ₁ | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 | 2. |
| D - V ₂ | 1 | 1 | 0 | -1 | 0 | 1 | 4. |
| D - V ₃ | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 3. |
| D - V ₄ | - | - | - | - | - | - | - |
| D - V ₅ | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 4 | 1. |

A táblázatból jól látszik, hogy az ötödik változat bizonyult a legjobbnak, nem csak a dátumhoz viszonyítva, hanem a többi változat összegzéséből is magas értéket kapott.

8. A szerkezet 3D-s modellje

A koncepcionális tervezés során kapott ötödik megoldásváltozatot felhasználva elkészült SolidEdge tervezőprogram segítségével a napkövető napelem mozgató berendezés háromdimenziós modellje (25. ábra, 26. ábra).



25. ábra. Napelemes követő



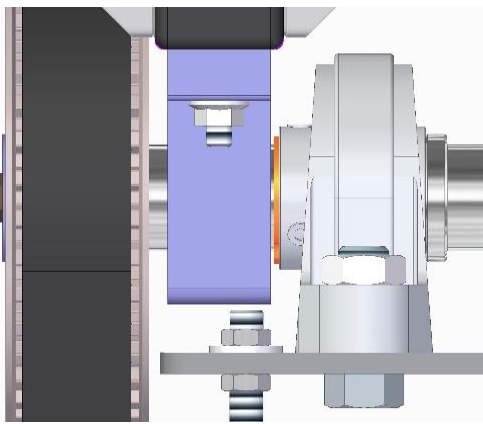
26. ábra. Napelemes követő felépítése

A napelemes követő állvány lényege, hogy a napelemet mindig a Nap felé fordítsa, így a napsugarak 90 fokos beesési szögben érik annak felületét. Ennek hatására megnő a napelem teljesítménye.

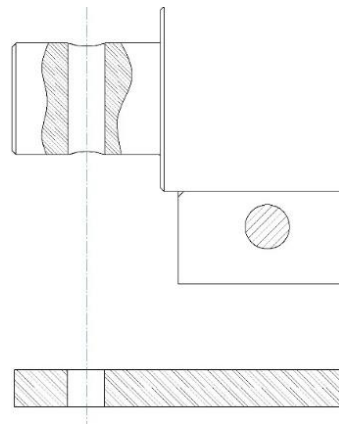
A napelem a Bosch kompatibilis alumínium profilokból felépülő kereten helyezkedik el. A napelem tengelyvég-rögzítőkön keresztül kapcsolódik a kerethez. A tengelyt egy Nema34-es bipoláris léptetőmotor forgatja fogazott szíjhajtáson keresztül. A szíjhajtás 3-as áttétellel rendelkezik, így még jobban lehet pozicionálni a napelemet.

A kellő szíj feszítés eléréséhez menetes száruk segítségével lehet a szíj feszességén állítani, melyek a motor konzolját és a felső rész lemezalapját kapcsolják össze.

A tengely két helyen csapágyazott egy-egy Y-csapággal, amik a fellépő radiális és axiális erőket tudják felvenni. A csapágyak belső gyűrűje hernyó csavarral rögzíthető a tengelyhez. Mivel a hernyócsavarral nem lehet olyan mértékű kötést kialakítani, hogy a tengely axiálisan ne csússzon ki a csapágyakból, ezért az egyik csapágnak a belső gyűrűje felfekszik egy nagyobb átmérőjű tengelyvállra, a másik oldalról pedig egy Seeger-gyűrű akadályozza meg az elmozdulást (27. ábra).



27. ábra. A csapágy elmozdulásának rögzítése



28. ábra. Szemben lévő furatok a tengelyen és a lemezen

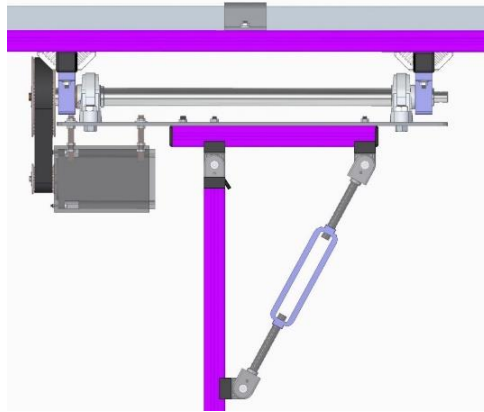
A tengely egyik végén egy kisebb átmérőjű csomó is található, aminek egy átmenő furata is van (28. ábra). A felső rész alapját képező lemezt ezzel a furattal szemben szintén ki kell fúrni. Ebbe a két furatba egy csap illeszthető, mely megakadályozza a felső rész tengely körüli elfordulását, ha a motor nem üzemelne.

A nyomatékátadás fogasszíjhajtással valósul meg. Egy-egy retesz helyezkedik el a motor tengelyében és a fő tengelyben. A tárcsák lecsúszását a tengelyvégeken egy nagyobb alátét akadályozza meg, melyet csavarral lehet rögzíteni a tengelyvégekhez. A teljes felső rész egy nagy felületű lemezen helyezkedik el, így szabadon lehet felfogatási furatokat kialakítani a csapágyházak és a motor konzolja számára.

A napelemes követő lábazata szintén alumínium profilokból épül fel. Az egyszerű felépítés és kialakítás mellett a profilok viszonylag nagy teherbírásúak, így nem kell attól tartani, hogy például a függőleges rész a rajta elhelyezkedő felső rész alatt elhajlana. A kívánt pozíció beállítása egy trapézorsón keresztül valósul meg, melyet kézzel lehet mozgatni (29. ábra).

9. Dőléshelyzet pozicionálása

Egy napelem energiatermelésének maximális teljesítménye nagy mértékben függ attól, hogy a napsugarak milyen szögben érik a napelem felületét. A legkedvezőbb eset, ha a beesési szög merőleges. A napsugárzás időtartama az év folyamán változik, és a napsugarak iránya valamint beesési szöge is változik mind napszakonként, mind az éves ciklusidőben.

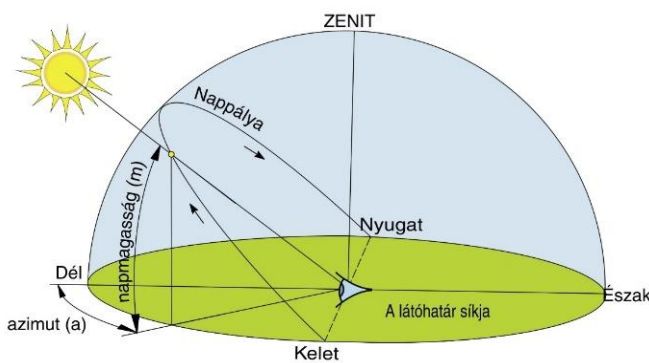


29. ábra. Felső rész elrendezése

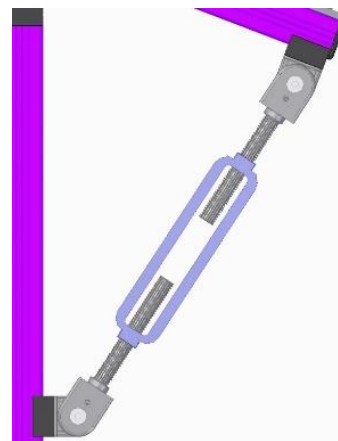
Köztudott, hogy a Nap pályája egy látszólagos út, amit az égbolton megtesz 1 év alatt. Ezt ekliptikának nevezzük. Egy korábbi bolygóközi ütközés miatt a Föld egyenlítője nem esik egybe ezzel az ekliptika síkkal, hanem 23,45 fokos szöget zárnak be egymással. Ahhoz, hogy a Nap pályája az égbolton meghatározható legyen, két értékre van szükség: azimutra és napmagasságra.

„**Azimut:** a Nap horizontsíkra vetített helyzetének egy meghatározott iránytól való eltérését nevezzük.” (www.naplopo.hu) (30. ábra).

„**Napmagasság:** a Nap vízszintes, horizontsíkra vonatkozó beesési szögét nevezzük.” (www.naplopo.hu) (30. ábra).



30. ábra. Azimut (a) és napmagasság (m)
(www.naplopo.hu)



31. ábra. Trapézmenetes orsó-anya megoldás a dőléshelyzet pozicionálására.

Magyarországon a Nap delelési magassága június 21-én a legnagyobb, ekkor 66° a napmagasság, a legalacsonyabb 19° , ami december 21-én van. A napelemes napkövető dőléshelyzetét trapézorsó segítségével lehet állítani. A szerkezeten 3 darab csuklópont található, melyek közül kettő csatlakozik egy-egy orsóhoz. Az egyik orsó jobb, a másik bal menetes. A két orsó egy kézzel forgatható jobb és bal menetes trapézanyába csatlakozik. Az anya segítségével az orsókat közelebb vagy távolabb lehet mozdítani, így a napelemes napkövető szerkezet dőlőpozíciója szabadon változtatható (31. ábra).

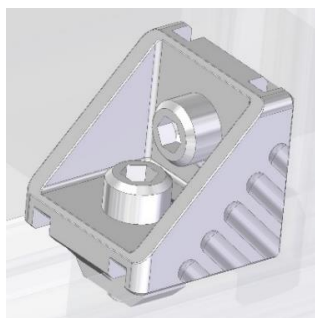
Ez az orsós kapcsolat azonban csak egy bizonyos foktartományon belül állítható. Amennyiben olyan dőlőpozíciót kell beállítani, ami ezen kívül esik, akkor az alsó csuklópont rögzítésének oldásával és a profilon való magasabb pozícióba helyezésével ez könnyen megvalósítható.

Az egybekezdésű trapézmenetnek valamint a megfelelően megválasztott menetemelkedésnek köszönhetően a kapcsolat önzáró.

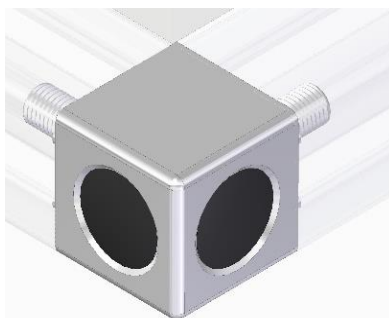
10. Felhasznált kötőelemek

A szerkezet felépítése során piacon fellelhető, szabványos kötőelemeket használtunk, melyek mindegyike alkalmas Bosch kompatibilis alumínium profilok szerelésére (32. ábra, 33. ábra, 34. ábra, 35. ábra, 36. ábra, 37. ábra).

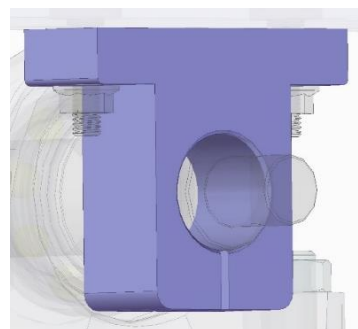
Kötőelemek:



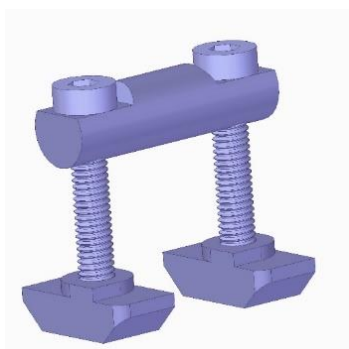
32. ábra. Sarokelem



33. ábra. Kockaösszekötő



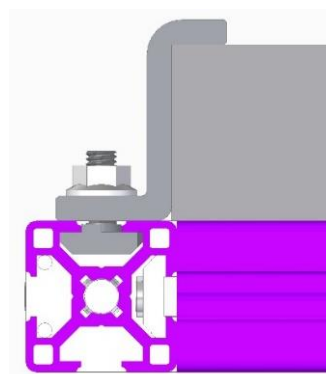
34. ábra. Tengelyvégrögzítő



35. ábra. Kötőelem kit L30
B8 profilhoz



36. ábra. 45 fokos kötőelem



37. ábra. Profilok rögzítése

11. Elvégzett számítások

A számítógépes modell megépítése után a kritikusnak ítélt elemeket szilárdsági számításokkal javasolt ellenőrizni. Azon részegységeket, amelyekre az elvégzett számítások vonatkoznak, a 2. táblázatban foglaltuk össze.

12. Tovább lépés lehetőségei

A továbbiakban érdemes lenne megvizsgálni annak lehetőségét, hogy az általam megtervezett napelemes napkövető szerkezet a valóságban üzemi körülmények között milyen hatásfokkal működik.

Ezen kívül figyelembe kell venni, hogy a külső tényezők hogyan befolyásolják a működést, ezért meg kell vizsgálni a tengely veszélyes pontjait, valamint ellenőrizni kell a csapágyakat, hogy a terhelésük milyen élettartamot enged meg.

2. táblázat. Elvégzett számítások

| | |
|-----------------------------------|--|
| Keret: | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Tömegközéppont meghatározása ✓ Szélterhelés |
| Léptetőmotor: | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Teljesítmény meghatározása ✓ Motorvezérlés |
| Szíjhajtás: | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Tárcsák kiválasztása ✓ Szükséges szíjhossz meghatározása ✓ Szíjági erő |
| Trapézanya-orsó kapcsolat: | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Önzárás vizsgálata |

Ezen túlmenően a dőlésszög automatizálásának kérdésével is javasolt lenne foglalkozni, bár a számítások szerint a jelenleg kialakított megoldás alkalmazásával elegendő havi-kéthavi rendszerességgel utánállítást végezni. A dőlésszög manuális állítása alig néhány percet vesz igénybe, viszont a motorizált változat vélhetően olyan többletköltséget eredményezne, amely nem tenné rentábilissá a fejlesztés ezen fázisát.



38. ábra. A megépített működőképes modell

13. Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

A cikkben ismertetett kutató munka az NTP-SZKOLL-18-0040 azonosítószámú „Fókusz'19 - Központban a közösség” projekt keretében valósult meg az Emberi Erőforrások Minisztériuma és az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő támogatásával.

Szeretnénk megköszönni a LEAX Hungary Zrt., a FathComponent Kft., a Trinox-60 Bt., a Terplán Zénó Szakkollégium és a Prototípusgyártók Öntevékeny Köre diákkör támogatását, akik anyagilag is hozzájárultak ahhoz, hogy a napelem mozgató szerkezet modelljét megépíthessem.

Irodalom

- [1] Zsáry, Á.: *Gépelemek I.*, ISBN 963 19 4585 5, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999.
- [2] Szente, J., Bihari, Z.: *Gépelemek, alkatrészek számítógépes tervezése – Terméktervezés*, Miskolc: HEFOP, 2005. 150 p.
- [3] Kamondi, L., Sarka, F., Takács, Á.: *Fejlesztés-módszertani ismeretek*, Miskolci Egyetem
- [4] Bihari, Z., Szente, J.: *Számítógépes terméktervezés*, Szakmérnöki jegyzet, Készült „A felsőoktatás szerkezeti és tartalmi fejlesztése” CAD/CAM/FEM kompetencia kurzusok projekt keretében. 2006. p. 193.
- [5] Bercsey, T., Döbröczöni, Á., Dubcsák, A., Horák, P., Kamondi, L., Péter, J., Kelemen, G., Tóth, S.: *Terméktervezés- és fejlesztés*, 1997. Jegyzet a Phare HU 9305 - 01/1350/E1 program támogatásával, pp: 1/262.