



⊕ SZÖVEG: TUCZAI EMESE

# TONNÁS ÜVEGSZEMEK

Érkezik a hír Hollandiából: Hans Lipper-  
shey távcsövet szerkesztett! Félredobva  
addigi munkáit, Galilei saját távcső  
építésébe kezd, mellyel új alapokra helyezi  
a csillagászatot. 1609-ben járunk, amikor  
kiderül: a Holdon hegyek magasodnak,  
Napunk vándorló foltokkal tarkított, a  
Jupiter körül négy hold is kering, és – bár  
folytonos ködnek tűnik – a Tejút csillagok  
sokaságát rejti...

A részletek elővarázsolására a csillagászoknak egyre nagyobb és nagyobb átmérőjű távcsövekre van szükségük. Az optikára vonatkozó elvárásaink ma egyértelműek: minél nagyobb, annál jobb. Az elmúlt bő 100 évre visszatekintve pedig az egyre korszerűbb távcsövek átmérője gyorsan dublázódott. 1800-as évek vége: 60 cm, 1908: 120 cm, 1917: 250 cm, 1948: 500 cm, 1990: 1000 cm, 2015: 2000 cm. Az egyre hatalmasabb „szemek” öntése, csiszolása, illetve szállítása azonban hosszadalmas, rendkívül költséges és igen nagy precizitást igénylő feladat.

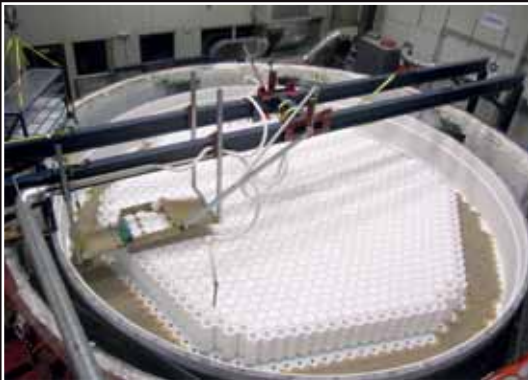
Rég elmúltak már azok az idők, amikor a csillagászok eszközei kézzel csiszolt, 5-6 cm átmérőjű optikát rejtettek. A jövő félgömb alakú kupolái több 10 méteres tükröknek adnak majd otthont. De vajon hogyan készülnek e hatalmas, egybeöntött üvegporgácsák, és mi a titka a 40 méteres hár tárlérésének?

## Méhsejtből születő óriás

2013 őszén átadták az Óriás Magellán-távcső (Giant Magellan Telescope, GMT) 7 db, egyenként 8,4 méter átmérőjű tükrrei közül a harmadikat. Ahhoz, hogy ekkora méretben egybefüggő optikát lehessen készíteni, az első megoldandó probléma a tömeg, ugyanis egy ekkora üvegtömb akár 70 tonnát is nyomhat!

Ennek megoldására két módszert alkalmaznak a tükrögyártásnál. Az egyik az úgynevezett méhsejtszerkezet, a másik a vékonytükrös technika. Előbbivel 60-70%-os tömegcsökkenés is elérhető! A GMT tükrrei is ezzel a módszerrel készülnek egy arizonai futballpálya alatt megbúvó laboratóriumban.

A gyártási folyamat első lépéseként a hatalmas öntőformát hatszögletű, alumínium-oxid szálás elemekkel bélelik ki, melyek magassága a forma pereme felé haladva növekszik. A kész vázra 18 tonna

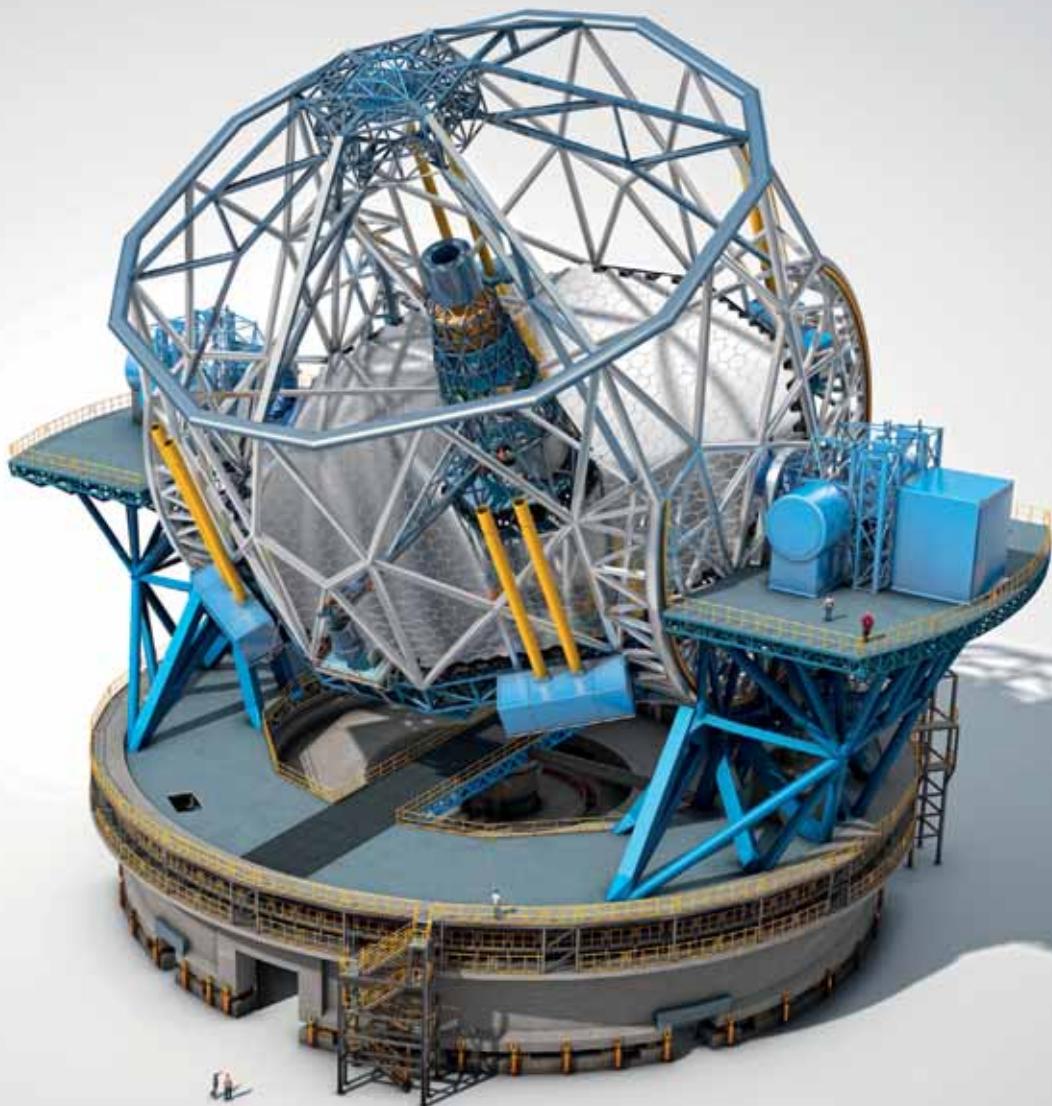


FOTÓK: RAY BERTRAM, UNIVERSITY OF ARIZONA



### ÉVTIZEDES MUNKA

Formálódnak a Giant Magellan Telescope lenséi. Bár az óriástávcső csak 2021-ben kezdi meg működését, a lenséket már majd' egy évtizeddel korábban elkezdték készíteni. A tervek szerint 2017-re lesznek helyszíni beszerelhető állapotban



FORRÁS: ESO

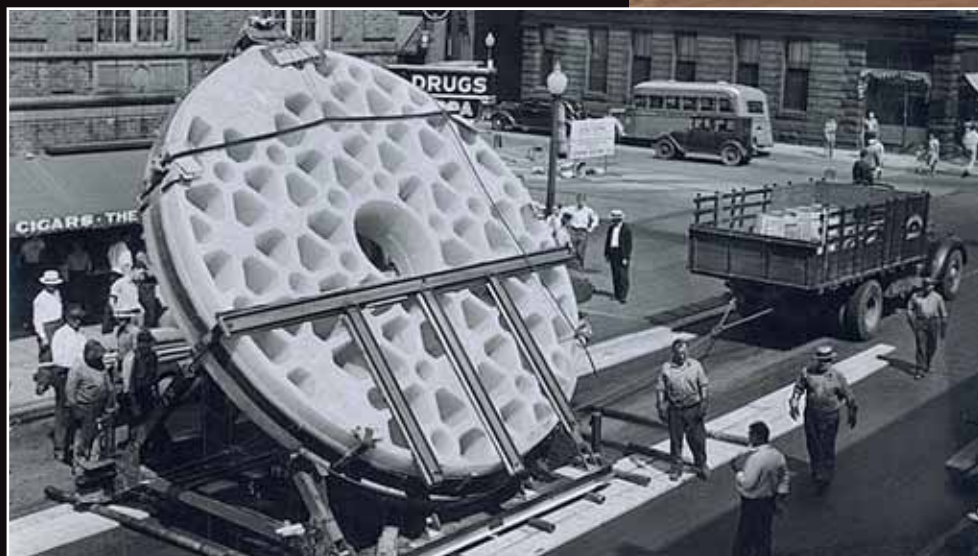
boroszilikát üvegdarabkát öntenek. A gyártás következő fázisa az olvasztás. A kemencébe helyezett öntőforma folyamatosan forog, így az üveg felülete parabolikus alakot vesz fel. Mivel a formába helyezett méhsejtszerkezet is ilyen alakú, a kész korong vastagsága mindenhol azonos lesz. Ezzel a módszerrel lerövidíthető a csiszolási idő, és mivel később kevesebb felesleges anyagot kell eltávolítani, több tonna üveg is megspórolható. A kemence hőmérsékletét 4 órán át  $1160\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on tartják, majd mikor az üveg megolvad, és kitölti a formát, lehűtik  $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra. Innentől kezdve az üvegpogácsa még 3 hosszú hónapot tölt a folyamatosan hűlő kemencében, majd miután teljesen kihűlt, leszedik róla az öntőformát. A tömböt függőleges helyzetbe állítva, nagy nyomású vízsugárral kitisztítják a hátulján lévő réseket. A gyártást hagyományos meg-

## EURÓPA ÓRIÁSA A 2022-ben üzembe helyezendő European Extremely Large Telescope (E-ELT) látványrajza

munkálási folyamat zárja, melynek során lecsiszolják a felületet. Folyamatos optikai ellenőrzés mellett, egyre finomabb csiszolóport használva alakítják a végső felületet. Zárásként jöhet a polírozás, a felszín kialakításának végső finomcsiszolása. Ezt egy speciális polírozófejjel végzik, mely végighaladva a tükrön, képes folyamatosan változtatni az alakját. Görbülete így minden pillanatban pontosan megegyezik az elérni kívánt optikai felülettel.

## Vékony és hajlékony

A könnyített optika öntésének másik módszere, amikor a tükör anyaga nagyon vékony. Ez egy 8 méter átmérőjű tömbnél 17 centiméteres vastagságot és 23 tonnás tömeget jelent. Az öntési folyamat az előzővel megegyezik, azzal a különbséggel, hogy itt nem a méhsejtszerkezet adja a parabolaalakot, hanem maga a forma, ennek köszönhetően az olvasztás során itt is elérhető az egyenletes üvegvastagság. A kész korong tömegéhez képest annyira vékony, hogy saját súlya alatt meghajlik, mint egy papírlap. Az ideális felület megtartását több száz alátá-



FOTÓ: DONALD BONNELL

masztással oldják meg. Ahhoz, hogy a tükör legapróbb torzulásai is korrigálhatóak legyenek, a felfüggesztések által kifejtett erő szabályozható. A távcsövek átmérőjének növelése ezen a ponton átszap a számítástechnikába, hiszen az egyidejűleg beérkező több ezer adat kezeléséhez már nem óriás kemencékre vagy speciális csiszológépekre van szükség, egyre fontosabbá válnak a megfelelő informatikai megoldások is. A folytonos felületű, egybeöntött tükrök méretének növelése a GMT tükreivel elérte azt a határt, ahonnan nincs tovább. Nem arról van szó, hogy elméleti korlátokba ütköztünk, csupán a kialakított infrastruktúra nem alkalmas ennél nagyobb átmérő elérésére. Egyszerűen nem érné meg új gépeket építeni pár tükör legyártása érdekében, arról nem is beszélve, hogy az ekkora méretekkel rendelkező üvegkorongok szállítása is komoly logisztikát igényel. A sérülékeny darabokat általában nem a szomszéd településig, hanem több ezer kilométerrel távolabb fekvő, gyakran extrém helyszínekre – magas hegytetőkre, szigetekre vagy épp a sivatag közepére – kell szállítani, az utat pedig – nincs mese – túl kell élniük.

### EGYKORI NAGYSÁG

A kaliforniai, palomar hegyi Hale Teleszkópba készített 20 tonnás pyrexüveg lencse szállítása 1936-ban.

Kényszerűségből két lencse készült, az első ugyanis megrepedt a hűtés során

– ez ma a Corning Glass Museum kiállításának látványossága

  
**CSÜTÖRTÖKÖNKÉNT 16.35-KOR**  
A rádióban vendégünk a témáról:  
**TUCZAI EMESE**  
Korábbi műsoraink meghallgathatók:  
[www.afoldgomb.hu/radio](http://www.afoldgomb.hu/radio)

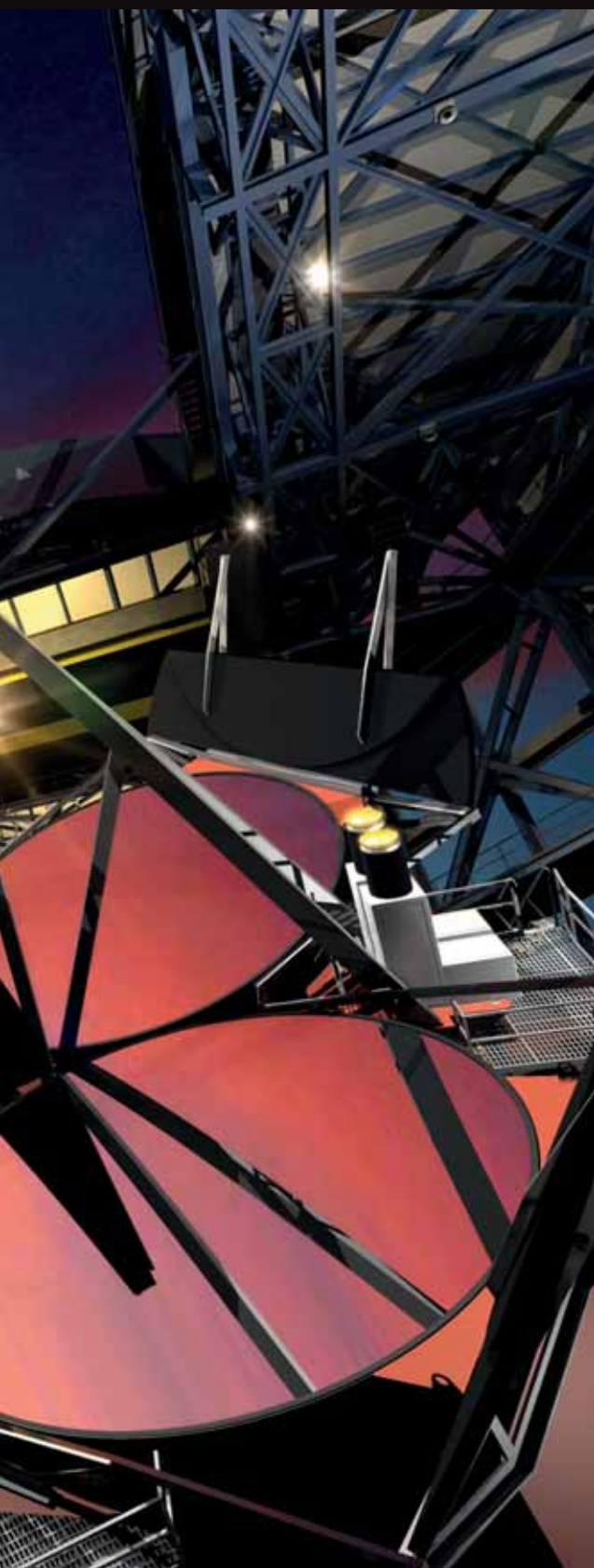
FORRÁS: ESO/L. CALÇADA



#### HATALMAS SIVATAGI SZEM

A Chilében, az Atacama-sivatagban, a 3060 m-es Cerro Armazonesen felépítendő E-ELT 39 méteres tükrevel a Föld legnagyobb optikai/infravörös távcsöve lesz – a Föld leghatalmasabb, világűrt fürkésző szeme





FORRÁS: GMTO

## ALKONYI FÉNYBEN

A még épülő, 2021-ben elkészülő Giant Magellan Telescope a chilei Cerro Las Campanason fog működni, 2550 m magasan. 24,5 m-es átmérőjű lencserendszere tízszer finomabb képet ad majd, mint a Hubble űrteleszkópé

## Extrém nagy tükrök a láthatáron

Hogyan lehetséges, hogy a jövő távcsövei kapcsán 30-40 méteres tükrökről hallhatunk? Ha nem tudunk egy nagy korongból vagy épp korongokból megfelelően nagy felületet létrehozni, majd sikerül sok kicsi, hatszögletű elemből. A technológia nem új, a Keck I (1993) volt az első teleszkóp, melynek főtükre szegmentált, és úgy tűnik, a jövő nagy reménységei is ezt az utat követik.

A European Extremely Large Telescope (E-ELT) a jelenlegi tervek szerint 2022-ben készül el. A 38 m-t is meghaladó tükrőátmérőhöz 798 db, egyenként 1,4 m széles, és mindössze 5 cm vastag, hatszögletes részelemre lesz szükség. A méretbeli probléma tehát feloldható, ha nem egy nagyban, hanem sok kicsiben gondolkodunk, ráadásul az 1-2 méteres szeletkéik szállítása is jóval egyszerűbb.

Természetesen ennek a technikának is megvan a maga problémái. A legnagyobb gondot a szegmensek közti rések okozzák, melyeket nanométer-pontossággal kell egymáshoz igazítani, majd fenntartani a meglévő optikai felületet. A korábban már említett alkalmazkodóoptika ennél az elrendezésnél különösen nagy szerepet játszik, csakúgy, mint a számítástechnika. Minden szegmens oldalain (darabonként 6-on) érzékelők találhatók, melyek feladata az egymáshoz viszonyított elmozdulás mérése. A közel 800 db lapról beérkező több ezer bejövő jel feldolgozásával a lapocskák egymáshoz igazíthatóak, de a hatalmas adatmennyiség egyidejű kezelése nagy kihívást jelent.

A tudomány pár száz év alatt az egészen apró üveg-lencséktől a 40 méteres korongokig jutott, mindezt abban a szellemben, hogy olyan részleteket pillant-hassunk meg, melyeket eddig homályosan vagy egyáltalán nem láthattunk. A méret tehát igen, az eszme azonban nem változott: Galilei szerint ugyanis fontos, hogy mindent mérjünk, ami mérhető, és azt is próbáljuk meg mérhetővé tenni, ami még nem az. ☺