

## A papír

(története, készítése, felhasználása)

Az emberi civilizáció fejlődésében a beszéd kialakulását követően a tapasztalatok megtartásának, átadásának igénye, a „kommunikáció” biztosítása volt a következő szakasz. Erre fejlettségétől függően népenként más-más lehetőségek voltak. Az ősember még egy edénybe kavicsokat dobálva számolta a napokat, és a barlang falára rajzolta a vadászat emlékeit. Később megjelent a karcolt fakéreg, a csomózott zsinór, a vésett kő, majd a karcolt és égetett agyagtábla és a viasztáblák. Az agyagtáblákat legalább 6000 éve, Mezopotámiában használták először, innen származnak azok az emlékek, melyeket a legrégebbi írásnak nevezünk. Az íráshordozó anyagok tökéletesítése, gazdaságos előállítása döntő szerepet játszott az emberiség fejlődésében, a mai civilizáció kialakulásában. A különböző növények részeit számos dologra (étkezés, ruhakészítés) felhasználták, ezekre kezdtek írni is: az indiaiak pálmalevélre, kínaiak bambuszkéregből vágott lapocskákra festett jelekkel, hosszabb művek esetén ezeket zsinórral összekötötték. Ezek használata nehézkes volt, a nagy birodalmi adminisztrációt nagyon megnehezítette. Kínában ezért már az i.e. III. századtól a selymet kezdték használni íráshordozóként. A selyem előállításának magas ára akadálya volt széleskörű alkalmazásának, ezért a selyem nem válhatott az írásos kultúra egyetlen hordozójává (ennek ellenére még ma is használják, főleg művészeti alkotásoknál). A tudomány, a kultúra és közigazgatás fejlődése más, olcsóbb íráshordozó anyagok alkalmazását igényelte.

Megközelítőleg 5000 évvel ezelőtt az ókori Egyiptomban a Nílus deltájánál termő papirusz nád (Cyperus papyrus, állóvizet, mocsarat kedvelő növény) készítették íráshordozót, a papiruszt, amit a nád szárának puhább, belső részéből állítottak elő. A hosszabb írásokat csíkszerűen egymáshoz ragasztották, a két végére fapálcákat ragasztottak, és tekercs formájában tárolták, a fontosabb iratokat pedig fahengerbe tették, vagy bőrbe tekerték. A ma ismert legrégebbi papirusz tekercs négy és félezer éves. Az egyiptomiak később iparszerűen újták a papirusz gyártását, amivel több száz évig ellátták a környező államokat is. A kereslet növekedéséért nádültetvényeket is létesítettek. Ám a később kialakuló politikai helyzet miatt beszüntették a papirusz kivitelét, ezért a környező országok más anyag után kényszerültek nézni. Így a kisázsiai Pergamon görög városállamban (ma Törökországhoz tartozik) a nagyműveltségű II. Euménész király híres könyvtár-gyarapítási igényeire állati (juh, tehén) bőrből készítették papiruszt pótló anyagot. A lenyúzott bőrt meszes vízben áztatták, a felesleges rétegeitől letisztították, kifesztve szárították, majd simították és csiszolták. Az így nyert anyag, a pergamen mindkét oldalán írásra alkalmassá vált. A pergament hajtogatni is lehetett, és így könyvtest készítésére is megfelelt. A pergamen hamarosan ki-

szorította a papiruszt, aminek gyártása Egyiptomban csak a X-XI században szűnt meg.

A növényi hánscok írásrögzítésre való felhasználását nem csak az ázsiai népek gyakorolták. A Föld minden táján a kialakult emberi közösségek rájöttek erre a lehetőségre. Latin-Amerikában, Afrikában, Ausztráliában, Óceániában homokban kiszáritott fakéregre festettek ásványi színezőanyagokkal kultikus célokra. Különböző fák (füge-, fikus-, mutubafa) kéregháncsát vízben való áztatás után fa felületen való sulykolással ruházathoz szükséges kelmék előállítására használták. Az így nyert vékony, hajlékony szövédékszerű, egyrétegű anyagot nevezik tapának. Az írásra alkalmas tapának, ami a papír közvetlen elődjének tekinthető, kétrétegű. Keskeny (2,5cm széles) hánscsíkokat vízben áztattak, majd négyszög alakban falpra helyezték egymás mellé, ezután rá keresztirányban újabb hánccsört rétegeztek. Az így kapott lapot ütögetéssel eggyé lemezelték, ami után napon megszáritották. Száradás után választották le a falapról. A maják is a tapát (amit huun-nak neveztek) használták írásra, ennek bizonyítékait, három fügehánscból készült kódexet ma Drezdában, Párizsban és Madridban őriznek. Ezeket a spanyol hódítók Európába hozták a rabolt kincsek között. Újkori vizsgálatok eredményeként megállapították, hogy a maják áztatás után nem főzték a hánccsokat, szárításuk után mésszel bevonva tették írhatóvá. Az aztékok fejlesztették tovább a tapa készítésének technikáját. A vízben való áztatás után fahamu lúgában főzve, majd vízzel való mosás után szárították.

A tapakészítés kezdetét az újkori régészeti kutatások sem tudták megállapítani, de az bizonyossá vált, hogy már ezelőtt 2500 évvel is használták a tapát. A jelenkori neves kínai tudós, Shun Shen-ling (1901-1978) kutatásai szerint a kínaiak már az i.e. VI. században írtak papírt, s annak készítési technikáját fejlesztve rájöttek a papírkészítés módjára, s már időszámításunk előtti időben is ismerték a papírt. Megjelenéséig Kínában főleg selyemre vagy bambusz-szeletekre rajzoltak vagy írtak. A papír feltalálásának időpontja, körülményei, sem a személye nem ismeretes, de az tudott, hogy Caj Lun, a császári udvar egyik magasrangú tisztviselője foglalkozott a papírkészítés tökéletesítésével. Megállapította, hogy olcsó növényi rostanyagokat (a selyemhernyó tenyésztéséhez is fontos eperfa és bambusznád) és textilhulladékot együtt lehet használni. Az általa kidolgozott módszert megismertette a császárral, azt meg tudta győzni az új íráshordozó anyag jelentőségéről. Ho-ti császár elrendelte a papírkészítés általános elterjesztését, s a papírra írt beadványok érvényességének elismerését, amiről fennmaradt 105-ből egy dokumentum. A papírt nem csak íráshordozóként használták. A régészeti feltárások eredményeiből tudottá vált, hogy a kínaiak már a II. században ismerték a papírzsebkendőt, 363-ban Pekingben újság jelent meg, Papírpénz használatáról a VII. századból van bizonyíték (a Habsburg-birodalomban csak 1762-ben jelent meg az első papírpénz). A IX. században alkalmi ruhákat, terítőket, toalettpapírt, majd játékkártyát is készítettek. A papírgyártás titkát sokáig őrizték a kínaiak. Még a japán-kínai háború idején is a délnyugati tartományokban az eredeti, majdnem kétezer éves technikával készítették a műhelyekben a papírt egy kínai katoná beszámolója szerint. Több mint fél évezreden keresztül Kína határain túl nem ismerték a papírkészítés módját. Egy buddhista szerzetes Kínából Koreába szökve árulta azt el, innen került Japánba, ahol 610-ben már készítettek papírt. Feltételezhető, hogy Indiába is közvetlenül Kínából, a VII. században került a papírkészítés tudománya. A kínaiak a papírtermékeikkel a selyeméhez hasonlóan élénk kereskedelmet folytattak.

A kínai birodalom terjeszkedése során a kínai seregek az arabokkal a Talasz folyónál megütköztek, és vereséget szenvedtek 751-ben. A fogságba került kínai foglyokat, akik közt sok papírkészítő mester volt, Szamarkand városába szállították, s itt alapítottak papírkészítő „gyárat,” ahol az arab mesterek eltanulták a foglyoktól a papírkészítés titkát. (Szamarkand ma Üzbegisztán városa, Kultúrák találkozása megnevezéssel a világörökség része.)

A kínai papírkészítés nagyon munkaigényes volt (korabeli feljegyzés szerint 72 művelet, amit hosszú idő alatt sajátítottak el a mesterséget tanulók). Menete: a faháncsroncokat és textilhulladékot zúzták, szárították, majd hosszú időn át meszes oldatban áztatták, amiből kivéve tiszta vízben heteken át hagyták. A szétázott rostokat nehéz kalapáccsal tovább zúzták, majd mosással eltávolították belőlük a használhatatlan részeket. A puhára ázott rostokat üstben lúgban főzték, míg egységes péppé alakult. A pépet bambuszágyra terítették, aminek a napon a színe halványodott száradás közben. A még formálható pépből lepényeket formáztak, amiket dombtetőkön tíz napon át forgattak, hogy fehéredjenek és színük egyenletes legyen. A fehérités után mosás, majd szárítás következett. Ezután két napon át fahamu oldatban főzték. A kifőzött pépet kőlapon, majd kőmoszárban finomra zúzták, fakádban vízzel felhígították keverés közben, hogy csomómentes pépet kapjanak. Ehhez növénygyökerekből készített ragacos oldatot keverték, majd fakeretre erősített bambusz-szítára tettek kis mennyiséget belőle. A szita keretét rázogatva egyenletesen elszórt réteget kaptak, amiből a víz lecsorgott. Ezután a szítán maradt nedves papírlapot lefejtették, több réteget egymásra téve, deszkalappal fedve kő nehezékekkel kipréselték a víz nagy részét belőlük. Az így nyert nedves papírlapokat finom felületű téglafalakon szárították.

A papírgyártás tudománya azután innen terjedt el a mohamedán országokban. A következő századokban papírkészítő műhelyek alakultak Szíria, Palesztina, Perzsia és India arab uralom alatt lévő városaiban is. Majd a hódító arabokat követve a 10. században Kairóban, 1100 körül már a marokkói Fezben is dolgoztak papírkészítők.

Az arabok sok újdonsággal gazdagították a papírkészítés mesterségét. Mivel Közép-Ázsia sivatagos területeiről hiányoztak a papírkészítéshez szükséges hosszúrostú növények, az arabok alapanyagként csak rongyhulladékot használtak. Merítő szítára sem volt bambusz száluk, ezért fémszítát használtak bronz huzalokból készítve. Míg a kínaiak a papírlapok írhatóvá tételéért a merítés előtt a pépbe gyökerek főtt nedvét keverték, az arabok a kész papír felületét enyvréteggel (ezt elhullott állatok bőréből és csontjából főzték) kenték. Így tömörebb papírt nyertek, amire nádtollal írhattak tintát használva (a kínai papírra ecsettel tust használtak). Az arab papírkészítő műhelyekben rongyúzó berendezést szerkesztettek, amelyet vízkerékkel hajtottak. Ezután nevezték el a papírkészítő műhelyeket papírmalomnak, amelyekben már olcsóbban, nagyobb mennyiségben állíthattak elő papírt, ami fokozatosan kiszorította a drágább, munkaigényesebb papiruszt a piacról.

A papírkészítés tudománya a 9. században, az észak-afrikai arabokon (mórok) keresztül eljutott Európába is. Az első európai papírmalmot az ibériai-félszigeten alapították (1056-ból említik). A Pireneusoktól délre, a gyorsvízű patakok mentén számtalan papírmalom létesült, melyeknek híres termékeit Dél-Franciaországba és Olaszországba is eljuttatták. Olaszországban a XIII. században Fabrianóban alapítottak papírkészítő műhelyt, amely egész Európát ellátta jó minőségű papírral, és napjainkig is működik. A fabrianói mesterek több technikai fejlesztést is bevezettek, mint a többkalapácsos rosto-

sító berendezést, Európában először használtak enyvet és vízjelt. A jó minőségű olasz papírok a spanyolokat kiszorították a piacról, s fékeztek Európa többi országában a papírgyártás megindulását. Ezért Franciaországban, majd Németországban csak a XIV. században, Angliában, Lengyelországba a XV. században, s Magyarországon, Oroszországban, Svédországban a XVI. században, észak-amerikai angol gyarmatokon csak a XVII. század legvégén jelentek meg az első papírmalmok.

A magyarországi első papírmalmok keletkezési dátumai bizonytalanok: Lőcse (1520-as években, biztos hogy 1530-ban leégett), Brassó (1543, vagy 1539-ben), Bártfa (1548), Kolozsvár (1550 vagy 1563), Nagyszében (1573, vagy 1555-ben a Jörg nevű papírkészítő) és Liptószentmihály (1596). Ezekből az évekből származik a magyar nyelvben honossá vált papír szó és szóösszetételei is, a papirus latin megnevezésből, amint azt a korabeli levéltári anyagok bizonyítják.

A papír gyártásának technikája sok évszázadon keresztül változatlan maradt, elveiben a kínai papírkészítést használták. Ennek bizonyítékául álljon itt egy korabeli költő-papírkészítő versének részlete, amit 1790-ben a zirci ciszterciáknak a sólyi papírmalma avatására írt:

*Németországnak jeles és bölcs találmánya  
A papíros műhely csuda alkotmánya,  
Melynek minden okos, kigondolt szerszáma  
Nagy csudára méltó s ennek jeles száma:  
Minden műszerit vízkerék forgattya,  
Csatornákra vizet kerék nyomogattya.  
Benne mozgástörő kalapácsok vagynak  
Kalapálására a sok düb-düb rongynak,  
Melyek a ringy-rongyot kása péppé rontják,  
Csatornák a vizet erre bőven ontják.  
A sok kalapácsok avégra paskollyák,  
Hogy minden rútságát annak kásulykollyák.  
Majd abbul szép fejr matéria leszzen,  
Úgy-hogy tejfelhez hasonló egészen.  
Azt egy széles kádba aztán bocsáttják,  
Abban lapotzkával jól megzavargattják,*

*Onnan drótbul fűzött ráhátra merítik  
Majd akkora tábla posztókra terítik,  
Sajtó alá rakják, hogy a nedveséget  
Nyomja ki belőle a vízenyősséget.  
Aztán terítik fel szőrkeőtelekre  
A padláson gyengén szárasztó szelekre,  
Onnan enyves vízbe majd mártogattják,  
Újra sajtó alá abul is nyomtattják,  
Egy nagy sulyok alá onnét rakogattják,  
Azzal szép simára kipalléroztattják:  
Egyenként egymásból szépen elválasztván  
Külön rakják a jót attul ami bitván,  
majd kontyszámra szedvén sajtóba szorították  
Egyenlő formára abban igazították.  
Már így elkészítve mindent reá írhatasz,  
valamit elméddel kigondolni bírhatasz.*

A papírkeresletet a könyvnyomtatásnak a mozgatható betűelemekkel való felfedezése nagyon megnövelte. Míg a kínaiak faragott fadúcokról nyomtattak (a legrégebb, 868-ból származó őnyomtatványt, a Gyémánt Szutrát Stein Aurél orientalista tudós fedezte fel az ezernyolcszázad évek végén tibeti kéziratok között), Gutenberg J. (1400-1468) ötvös mester ónnal és antimonnal ötvözött ólmot használt betűfémként. Betűkészlete összerakható és szétszedhető volt. A szöveget a fém betűkből szedéssel állította össze, s kézi sajtóval nyomtatott egy-egy oldalt, jelentősen lerövidítve a könyvkészítés idejét, költségét, ami felgyorsította a könyvhasználat elterjedését, a tudományok fejlődésében betöltött szerepét. Ezek az igények határozták meg a papírkészítés technikájának fejlesztését is: a 18. század elején Hollandiában feltaláltak egy termékenyebb papírmalmot, az ún. hollandi malmot, majd 1799-ben egy francia munkás, L. Robert a síkszítás papírgépet. Próbálkoztak szalmából is papírt gyártani

(rizs szalmából sárga papírt nyertek, gabona szalmából I. Péter orosz cár töltényhüvely készítéséhez szükséges papírt gyártott), csak adalékanyagként használhatták rongy mellett, de az így készített papír gyenge minőségű volt, karton gyártásra alkalmatlant. Mind ezek ellenére a papírgyártás egészen a 19. századig nagyon költséges volt, egészen addig, míg a papír előállítására el nem kezdték használni a gőzhajtású papírmalmot, melyben fából is elő tudták állítani a papírgyártáshoz szükséges rostokat. 1840-ben F. Keller csiszolással, köszörüléssel facsiszolatot készített, amivel csökkenteni lehetett a szükséges rongymennyiséget. A facsiszolat adalékanyagként való használata gyenge minőségű, törékeny, sárguló papírt eredményezett. A jó minőségű papír előállításához a fa anyagának tisztítására, a technikai megoldások továbbfejlesztésére volt szükség. Napjainkban automatizált, a számítástechnika vívmányaival vezérelt ipari berendezésekben gyártják a legkülönbözőbb minőségű papírokat.

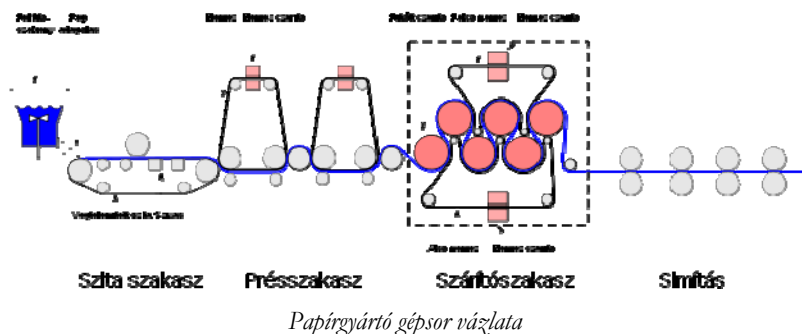
Ma az olcsó tömegárut jelentő papír gyártásának a legfontosabb nyersanyaga a fa.

A fából készülő papír gyártásának első művelete a fa áztatása és hántolása (a papír anyagát elszínező kéreg eltávolítása). Ezután facsiszoló és -aprító gépeken fölaprítják a rönköket.

A fölaprított faforgácsot, a tényleges nyersanyagot vízzel pépesítik, majd kémiai oldásra viszik az elegyet. Ennek a vegyi oldásnak a során választják szét a fa rostjait finomabb szálakra miközben bontják a lignint.

A vegyi oldás után átmoszák a pépet, majd újabb őrlés következik. Ez az őrlés már az apró rostszálak falát bontja meg, szálásítja. Ez a művelet megnöveli a kapott rostok felszínét és segíti összetapadásukat. A rostok hosszúsága ezután az őrlés után 0,05-0,3 mm. E műveletek során a faanyag szállítását is a víz biztosítja. A papírgyártás nagyon vízigényes iparág.

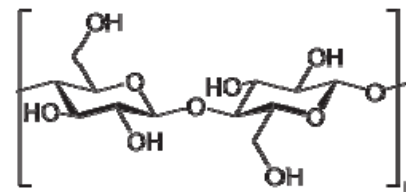
A másodszor is megőrölt pép a merítő-vagy szűrőszitán készülő papír alapanyaga. Mielőtt a szitára adagolnák a pépet, különböző adalékanyagokat adnak hozzá. Ezek a papír különleges minőségi jellemzőit adják. A papír átlátszatlanságát töltőanyagokkal (pl. kalcium-karbonát, kaolin) fokozzák. A papír fehéritésére klórt használnak. A víz-tisztítás eléréséhez enyvet adagolnak hozzá, szerves alkoholfajták adagolásával nedvességtartóvá teszik. A víz szállító szerepe a szitaszakaszon megszűnik, tovább a hengerson tölti azt be. Itt már van akkora szilárdsága a terméknek, hogy mechanikus szállítással továbbítható. A szitára helyezett papírpép a szitaszövet-hengersonon gördül tovább, rajta a papírpép szikkad, szárad, miközben folytonos szalag formálódik belőle. A laza, a szitán megszikkadt papírlemez hengerek közé kerül a prés-szakaszba, ahol a préshengerek a kívánt vastagságúra nyomják össze, miközben a feszítőhengereken továbbhaladva hosszú ideig szárad. A megszáradt papírszalagot végül föltekercselik. A hengersononon végén a kész papírlemez felületére, esetleg csak egyik oldalára felületvédő vagy felületformáló anyagot is föl lehet vinni (pl. egyik oldal fényezése, festése stb.).



A papír mesterséges anyag. Természetes vagy mesterséges anyagokból képzett rostok „nemezelésével”, majd összepréselésével készül, melyeket a rendezetlen állapotban lévő elemi szálak súrlódási ereje és a másodlagos kémiai kötések (hidrogénkötés) tartanak össze. Alapanyaga szerint két fajtáját különböztetjük meg: természetes papír és szintetikus papír.

A természetes papír alapanyaga a cellulóz, amely a Földön előforduló leggyakoribb szerves anyag, a növények vázanyagának nagy részét alkotja. A cellulóz egy összetett szénhidrát,  $\beta$ -D-glükóz egységekből összekapcsolódó makromolekula (poliszacharid), vegyi képlete.  $(C_6H_{10}O_5)_n$

A cellulóz molekulájában béta-glükózegységek váltakozó térállásban (alsó és felső) kapcsolódnak össze és lánc alakúvá formálódnak. Bizonyos mikroorganizmusok enzimatis úton képesek lebontani. A természetben is léteznek cellulózbontó baktériumok, ezek a cellulózt humusszá alakítják.



Ezért állíthatjuk, hogy a cellulózból készült papír hulladék természetbarát, nem szennyezi tartósan környezetünket.

A növényi rostokban a cellulóz szálakat a hozzájuk kémiai kötésekkel kapcsolódó lignin tartja össze, biztosítva a sejtfalak szilárdságát, illetve a növény vázanyagának a szerkezetét.

A lignin (a neve a latin lignum, fa szóból származik) bonyolult összetételű kémiai anyag. A cellulóz után a második leggyakoribb szerves polimer a földön. A fák szárazanyag-tartalmának mintegy harmadát-negyedét teszi ki. Szerkezete nincs még teljesen felderítve. Fenolos hidroxil- és metoxil-csoportokkal helyettesített fahéjalkohol egységek  $(C_9H_{10}O_2, C_{10}H_{12}O_3, C_{11}H_{14}O_4)$  kapcsolódnak benne egymáshoz 10000 körüli moláris tömegű makromolekulát alkotva. Vízben nem oldódó, sárgás anyag, amely a levegőn lassan oxidálódik, miközben színe sötétedik (ezért sárgulnak, barnulnak a rosszminőségű papírokból készült nyomtatványok). A lignin a természetben nehezebben bomlik le, mint a cellulóz, de vegyi úton viszonylag könnyen: a növényi zúzaléknak kalcium-hidrogén-szulfittal, vagy nátrium hidroxid és nátrium-hidrogén-szulfid keverékével főzve vízben oldhatóvá alakul, és a cellulóz mellől kioldható.

A természetes papír nagy mennyiségét a nyomdaipar használja fel könyvnyomtatásra, füzetek, hivatalos nyomtatványok, plakátok, szórólapok előállítására. Jelentős menny-

nyiséget használnak a háztartásokban, egészségügyi eszközök, tapéta, játékok, pénz, bélyeg, dísz tárgyak készítésére.

A papír másik fő felhasználási területe a csomagolóipar: csomagolópapír, zacskók, zsákok, kartonok, papírspárga formájában.

A szintetikus papír mesterséges polimerekből, kőolajszármazékokból előállított óriásmolekulából készül, a hagyományos papírgyártástól csekély mértékben vagy néha teljes egészében eltérő módokon. Több fajta szerkezeti felépítése lehet. Többféle módon készülhetnek: nagyobb mennyiségű műszál belekeverése a rendes papírpépbe, összekevert műszálak összepréselése és összeolvasztása melegítéssel, levegőben összekevert műszálak kötőanyagba mártása, majd kiszűrése és szárítása, a polimer-hártyák bevonása porózus réteggel.

A szintetikus papír legtöbb fajtája külsőre alig különbözik a természetes papírtól, viszont szinte elszakíthatatlanok, nehezen gyűrődnek, vízhatlanok, és nem penészednek. Meleg hatására sem sárgulnak. Az olajos anyagok jól megtapadnak rajta, de sok esetben nehezen száradnak, és a vizes tinta összeszalad a felületükön. Csak műanyagalapú ragasztóval ragaszthatók. A természetes papírhoz hasonlóan éghető, de annál erősebben képes elektrosztatikusan feltöltődni.

Bizonyos polimeralapú papírok nagy mechanikai igénybevételnek is ellenállnak. Az eddig gyártott legerősebb papírt grafénből készítette egy orosz-holland kutatócsoport. A mechanikailag erős papírokat általában nem nyomtatási célra készítik, fóliaként, különböző technikai célokra, repülőgépiparban kompozitok készítéséhez alkalmazzák.

#### **Forrásanyag:**

Kalmár Péter: A kétezer éves papír, Gondolat Kiadó (pdf. internet)

Wikipedia: <https://hu.wikipedia.org/wiki/Papírgyártás>

Természettudományi Lexikon, Akad.K. (1965)

**M. E.**

## **LEGO robotok**

IX. rész

### **III.1.18. A Várj blokk**

*(Folytatás)*

Összehasonlítás módban a blokk a következőkre várhat:

- téglagombokra;
- színérzékelőre;
- infravörös érzékelőre;
- motorforgásra;
- időzítőre;
- érintésérzékelőre;
- üzenetre;
- időre.