



Napút-füzetek

74.

Misuta János

A titokzatos evolvens

Tudománytörténeti esszé egy praktikus
geometriai ív fejlődéstörténetéről



A kör, az ellipszis – az archimedesi spirál, az evolvens, az epiciklos felismerése, majd megismerése – felbecsülni is nehéz, hogy milyen sokat adott az emberiségnek.

Elsősorban a mérnöki tudományokra volt hatással. Érdekes kérdés, hogy mennyire befolyásolta és alakította a műszaki tudományok fejlődését. Ez a folyamat a felismeréstől a tudományos megismerésig húzódik.

Volna-e sebességváltónk, amely váltáskor úgy simul a kezünkben, hogy az instruálni szándékozott páros kerekek mozgását, a váltást szinte nem is érezzük? Volna-e az autónknak differenciálműve? Át tudnák-e adni a felajzott erőművek energiájukat hajtóművek, fogaskerekek nélkül?

Ennek az elmélete az evolvens tudománya. A gyakorlatban a fogaskerékgyártás elmélete.

Természetesen erőt sokféle módon tudunk átadni: súrlódással, ékszíjhajtással, kúpos dörzskerék egymáshoz illesztésével. Kicsit nagyképűbben, nyomatékok átadására szolgáló szerkezetekkel, különféle hajtásokkal. És így tovább.

A legelegánsabbak közé tartozik a fogaskerékkel történő erőátvitel vagy hajtás vagy sebességszabályozás (úgy értem: kerületi sebességszabályozás) az egyszerű és bonyolult mechanikai gépeken. Pattantyús Á. Géza azért szerette ezt a fajta erőátvitelt, mert ha az osztókörön egymásba kapcsolódó fogazással van tervezve és megvalósítva, a csúszást, szakmai szóval a szlipet pontosan számíthatjuk és határok között tarthatjuk. Erre a fogaskerék-hajtás tökéletesen alkalmas. S így adott az elmélet az emberek kreativitásához óriási szabadságot, hogy ötleteiket a célnak megfelelően valósíthassák meg.

S ahogyan a dolgok alakulni szoktak, a fenti fogalmak is önálló életüket kezdték élni, hogy aztán szellemünk óriásai megfejtsék titkaikat, vagy egy olyan sorba, halmazba helyezték el őket, amely mások számára is hozzáférhetővé, megérthetővé teszi a formulát.

E geometriai formák, fogalmak előbb voltak, mint a valóságban megjelenő tárgyaik. A gyakorlat által megvalósítható dolgokhoz nem kellett az elmélet. A termék, amelyet a technikusoknak elő kellett és tudtak állítani, megelőzte az elméletet (természetesen ez nem egy általános igazság, mert az ősi társadalmakban is voltak kreatív emberek, akik képesek voltak műszaki problémák megoldására, amelyben viszont együtt jelent meg az elmélet és a gyakorlat). S mégis ők tudtak fogaskereket készíteni! Működtek a szerkezetek! Igaz, hogy nem ismerték egyébként, pontosan mit is csinálnak egymással a kapcsolódó homlokkerekek, milyen rejtélyes íveket takarnak, de tudták, hogy az jó. Mintha áthallása volna a Biblia teremtésről írott szövegének. „És látá Isten, minden, amit teremtett vala, imé, igen jó” (Károli Biblia). Ilyen jó dolog lett az emberek életében a fogaskerék gyártása is? A tudósok pedig megmondták, hogy milyennek is kell lennie a fogóív görbéjének. Amit a technikusok a történelmi korokban, ha értettek is, nem tudták megvalósítani, mert a kor technikai színvonalá korlátozta a gyakorlatba való átültetését az egyébként helyes elméletnek. Nem voltak megfelelő szerszámaik ahhoz, hogy lebontsák, lefejtsék a kört, vagy legörgessék a kört az egyenesen. A gyakorlat ugyanis a fogaskerékgyártásnál már jól bevált görbékkel dolgozott. A tapasztalat kialakította és beváltotta a

szándékot, a működése alatt a különféle görbéket, köríveket, sőt az ujjak közé csippentett lószőr „természetes” ívét, görbületét is másolták. És a fogaskerék-ből felépült szerkezetek működtek!

A fogaskerék az ősi időkben, a civilizáció hajnalán talán az első igazi gépelemünk volt. Gondolják át a folyamatot, s nem lesz nehéz belátni, hogy a csavar kialakítása, aztán használata legfeljebb csak utána következhetett be. A csigavonal, amely a spirálból származott el, csak egy henger palástjára feltekert fonál, melyet rágörgettek, némi menetemelkedéssel, amelyet Arkhimédész ismert fel. És lón csavar.

Homérosz „magától mozgó alkatrészekről” ír. Nyilván tudnia kellett az ókori egyiptomi kultúrákban használatos vízkiemelő szerkezetekről. Ahol a technikus papok legalább csillag- és koronakerekkel és a velük párosított pörgőkkel hozták létre az emelő szerkezetet, vízszintes és függőleges elhelyezkedésükkel. Így emelték fel a mélyből a vizet, s hozták fel a felszínre. Feltételezhető, hogy a mélyből, a víz mellett, esetleg a bányászokat is így engedték le vagy húzták fel a felszínre. És persze anélkül, hogy tudták volna, nagyon is bölcsen használták föl a gravitáció tulajdonságait a súlyok és áttétek, a lejtők, vályúk, természetes csövek hasznosságát a víz szállításában. Természetesen a csövek, szállítóeszközök méretével összhangban más termékek, például a gabona helyi és térbeli szállítására is alkalmassá lehetett tenni ilyen fogaskerék-hajtányokat. A gabona cséplésénél, őrlésénél is vagy a víz erejét, vagy pedig a ló- vagy tevevontatású, kezdetleges fogaskerék, csillag- és koronakerek, pörgők kombinációjával megalkotott járgányokat használták. Igaz, ezek a szerkezetek pálcikák, rudak beépítésével, okos elhelyezésével alakították ki a „fogaskereket”. Salsburgban őrzik a zugmantelli castellum kútjában talált római korabeli pörgőt, amely legalább 1700–1800 éves lehet, s így ez az általunk ismert legrégebbi fogaskerék. Fatárcsák között vaspálcákat rögzítettek a fogaskerékpár befogadására, nem hajtására, de pörgő kerékként (1. ábra). Az elmúlt század elején, még használták, s nincs kizárva, hogy a mai napig is működnek tevé hajtotta járgányok, elsősorban Egyiptomban, amelyek formája, megoldása évezredek emlékezetét, tudását őrzi (2. ábra).

Az egyik kiváló magyar tudós, mérnök, Szeniczai Lajos megírta *Az általános fogazás* című könyvét, amely összefoglalja és tovább tisztítja az elméletet, lefejt róla a misztikus vonásokat, kiszámolja a mások által a gyakorlatban használt, de a gyártó üzemen túl nem terjeszthető számításokat, segédszámítások táblázatait. Az esszé során fogunk még beszélni nagyszerű mérnökökről, matematikusokról, filozófusokról e témában. Most csak Szeniczai életútjával foglalkozunk, aki Budapesten született 1898. január 27-én, és kedves városában halt is meg 1960. január 17-én. 1922-ben szerezte meg a Budapesti Műszaki Egyetemen gépészmérnöki oklevelét. Az említett könyvét 1941-ben írta és jelentette meg. A háború előtti életről csak annyit tudunk, és ez alkalmas következtetésekre, hogy elméletének az alapjait 1936 és 1939 között fejlesztette ki. A háború utáni katalizmából kikeveredve, a Rákosi-éra 1953-tól a Kohó- és Gépipari Minisztérium tervezőirodáinak, majd az Általános Gépipari Tervező Iroda tette meg tanácsadó irodája mérnökének. 1953–1958-ig, a Nehézipari Műszaki Egyetem bányamérnöki karán tanít Sopronban, majd átkerül a Miskolci Műszaki Egyetemre, ahol a gépelemek tárgyat adja elő. 1950 és '54 között a fogaskerek és hajtóművek magyar szabványainak előkészítésén dolgozik. Korszakos munkát

végez. Túllép Max Maag, svájci mérnök titkolt számításain, aki vagy lustaságból, vagy inkább anyagi megfontolásból nem teszi közkinccsé azokat. Eközben a fogaskerekek gyártása, megismerhetősége továbbfejlődik. Az ő táblázata első-sorban a gyártást segítette. S a titkolózást talán műszaki tudományuk – gondoljunk az óragyártásra – védelmében tette. Így csak időlegesen lassította a fogaskerékgyártás egyetemes megismerhetőségének idejét. Azokért a táblázatokért ő megdolgozott. Kiszámította 15 fokos kapcsolószögekre az involútókat. Aztán gyártották a fogaskerekeket, és még sok ötlete, szabadalma valósult meg a fogaskerékgyártásban. De Max Maagot Szeniczai Lajos már könyve első kiadásában is túlszárnyalja! A kötet 1941-ben jelent meg, a későbbi, már teljesebb, 15 és 20 fokos kapcsolódási szögekhez is elkészítette táblázatát, így a fogaskerékgyártók bedekkerként tudott működni, ezért többre kell becsülnünk. Táblázataiban a több fogméret, a polár involút függvény adatai éppen úgy szerepelnek, mint a fogosztás negyedszögének adatai is. Maag soha ilyen teljességgel nem fogalmazott meg a gyártók számára táblázatokat.

A táblázatokról

Aki mérnöki vagy technikus munkát végez, nagyon jól tudja, hogy egy jó táblázatgyűjtemény milyen segítséget adhat számára a mindennapi munkájában. Nagyképűen, az egész világegyetem összefüggéseit tapasztalhatja meg a számok sokasága, értelmezésének mélysége mögött. A logaritmus számításánál már nélkülözni sem tudjuk a táblázatokat, ugyanis helyettünk számították ezeket a nyolc helyiértékkel bíró számokat okos, türelmes emberek. Nélkülük mi, tehetségtelen mérnökök napokig számolgatnánk, és feltehetően hibáznánk a számításaink alatt. Így viszont, a számot, amelyet helyettünk már táblázatba foglaltak arra érdemes emberek, használhatjuk. A számítógép segítségével akkor még nem állt rendelkezésre. A számok halmaza vagy a szakmánként a tervezés elősegítése érdekében a táblázatok készítésének divatja lett az 1950-es, '60-as évek. Nagyon sokat segítettek ezek a táblázatok a tanulásban, majd a gyakorlati életben, a tervezésben, a technológiák meghatározásánál, pontosságánál, a koordináták, metszéspontok meghatározásakor, és így tovább. De ne higgyük azt, hogy a tervezésnél, később már a számítógépek alkalmazásakor, nem volt szükség ezekre a táblázati eredményekre. Csak már nem tudja a mai tervező, hogy hogyan számították ki azokat a bizonyos számokat. Csak beilleszti, lehívja és tudja. Ezek sem kisebb eredmények! S itt nem fogunk beszélni egy kisegítő tudományágról, a nomogramokról, a számolótáblák tudományáról, amely véletlenszerű számokból képi le olyan számok pontjait, amelyek más egyeneseken értékeket tudnak kimetszeni. A legtriviálisabb tárgy, munkaeszköz, amely alapján mindannyian meg tudjuk a nomogramok tudományának egyszerűségét és nagyszerűségét becsülni, az a logarléc. A hatvanas évek mérnök-gyakornokainak komoly számítási segédeszköze volt.

Pattantyús Ábrahám Géza (1885–1956) professzor, akivel kapcsolatban nagy magyar mérnökök, oktatók nevét is meg kell említenünk, Selmecbányán született. Diplomát a Budapesti Műszaki Egyetemen szerzett, és Zipernovszky Károly professzor mellett lett tanársegéd. 1912-től Herman Miksa professzor

mellett adjunktus a Gépelemek Tanszéken. 1930-ban rendes tanárrá nevezik ki a Gépszerkezeti Tanszéken, ahol elődje Bánki Donát volt. Pattantyús professzor a *Gépek üzemtanát* 1944-ben jelenteti meg. Még életében hét kiadást ért meg az egyetemi tankönyv. Az én kezemben a tizenegyedik bővített és átdolgozott kiadás van, amelyen szintén nagy magyar oktatók, mérnökök dolgoztak, pontosították tovább. Az 1950-es években egy nagyszerű, ma már könyvgyűjtők, mérnökök, hallgatók által irigyelt sorozatot állított össze, amely a korabeli mérnöki tudományokat átölelte, lenyűgöző teljesítmény. Szívesebben írnám, hogy magához ölelte minden mérnöki tudományát, hogy aztán könyv formájában is, mindenkinek juttasson eredményeiből. Ebben a sorozatban az alapvető tudományok enciklopédikus összevonása, a gépelemek, az áramlástan tudományának rögzítése, a „táblázatok” egy kötetbe való szerkesztése, az alaptudományok sokasága kapott helyet. Tizennégy kötetben tette meg mindent az egyik legnagyobb magyar mérnök. Ez a „Pattantyús-sorozat”. Szobra van, utcája van, könyvét már régen nem jelentetik meg. A *Gépek üzemtana* című tankönyve tizennégy kiadást ért meg a hetvenes évekig. S ma a HÜTTE német kiadó megjelentette minden mérnöki tudományok alapjait jelentő *egy* könyvét. Sajnáljuk, örülünk, vagy elég, ha csak tudunk róla?

Megjelent, több mint, tíz kiadásban, az Ohmacht Róbert és Sárközi Zoltán által szerkesztett, *Műszaki táblázatok* című könyv, amely mérnököknek, technikusoknak készült. Közülük is a tervezéssel és a gyártástechnológiával foglalkozóknak lett nagyszerű segédeszköze ez a könyv. Műszaki, geometriai, matematikai, számítástechnikai, anyagismereti táblázatok, számoszlopok, képletek, ábrák szerepeltek benne, amelyek a mindennapi munkában szükségesek voltak.

Apám mestervizsgára készülődve megőrizte, talán 1920-ból a kézzel írott, de mégis, általam nem ismert technológiával sokszorosított, fekete, vászonkötésű könyvet. Nyilván nyomdai technikával állíthatták elő, mert a vászonkötés első oldalán szép arany, Times betűkkel ott van a szerző vagy a tulajdonos neve is: Rucker János. A könyv címe: *Géptan*. Feladata a gőzgépek, szivattyúk megismertetése. Az interneten kutatva a Rucker névre következetesen egy amerikai család, a Ruker jött be, és ezzel nyomozásom ennek a névnek a megtalálásában egyelőre véget ért. Ám ha ő írta a könyvet, német neve, a név mögött felsejülő hovatarozás esetleg (?) valóban az Óperenciás-tengeren túlra vitte. Mert a városok neve, Detroit, az autógyártás fővárosa, Johannesburg, az acélgyártásé, csak előfordul? Remélem, hogy nem teremtek legendát. De! Remélem, hogy legendát teremtek egy kézzel írott, sokszorosított, vászonba kötött és aranybetűkkel díszített műszaki könyv alapján!

A fogalmak tisztázása

Az **evolvens**: valamely görbén – fogaskerékgyártásnál az osztó körön – csúszás nélkül legördült egyenes pontjai által leírt görbe. Vesd össze, mondja a legtöbb irodalom, az evolúta fogalmával.

Hát akkor vessük össze:

Evolúta: valamely görbe összes pontjaihoz tartozó görbületi középpontok mértani helye.



Az evolvens és az evolúta fogalma egy zseniális holland fizikustól ered, Huygenstől (1619–1695), aki 1663-ban befejezett, de csak 1693-ban megjelent, *Horologikum oscillatóriu* című művének III. részében jeleníti meg. De la Hire is tárgyalja a körevolvens fogalmát, de szisztematikusan Denis Diderot (1713–1784) francia filozófus, regényíró, a *Nagy Enciklopédia* megalapítója és főszerkesztője dolgozta fel

A lenti ábra (Szeniczai Lajos könyvéből átvett ábra) a geometriai evolvensképzés folyamatát mutatja meg, abban az esetben, amikor az alapsík áll. A képből sejthetjük, hogy a legegyszerűbb evolvensképzés módja a geometriai képzés. Képzeljék el, hogy egy sík papírra egy cérnaorsót helyezünk rá, lapjával és legombolyítani kezdjük a cérnát úgy, hogy a cérna végére hurkolunk egy ceruzahegyet, és a feszesre húzott cérnaszálat kezdjük lefejtetni az orsról. Az a görbe, amelyet a feszesre húzott cérnára hurkolt ceruzahegy leír a papírra, a körevolvens, az orsó papíron fekvő oldallapja pedig a körevolvens alapköre.

A cérna bármelyik más pontja ugyanazt a görbét írja le, csak a papír másik helyén. Ha ezeket az evolvensket az alapkör középpontja körül egymásra forgatjuk, teljesen azonosak és pontosan fedik egymást, azaz kongurenssek (egybevágóak).

Így hát könnyen belátható, hogy az evolvens alakja csakis az alapkör nagyságától függ, és egy alapkörhöz csak egyfajta evolvens tartozik.

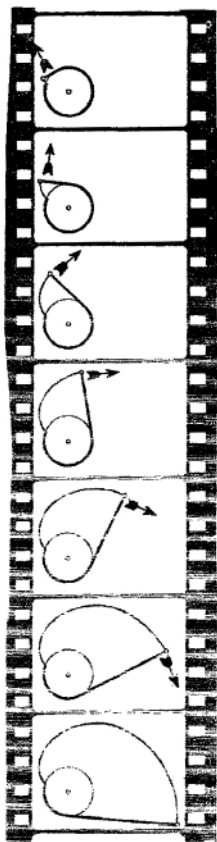
A görbe fogalmát sok vonatkozásában használják. Mi itt azt emeljük ki, hogy olyan síkgörbe, amely valóságos vagy képzeletbeli egyenestől való pontok egymás után következő halmaza, amelynek minden pontjába más irányú érintő egyenes rajzolható.

Modul: a fogaskerekek fontos jellemzője. Kétféleképpen határozhatjuk meg. A fogaskerék osztóköre vagy gördülőkör átmérőjének (amely fogalom-meghatározásunkban egybeesik) egy fogra eső része. Vagy a fogaskerék osztásának és a pínék a hányadosa.

Epiciklois: egy olyan síkgörbe, mely úgy származtatható, hogy egy kör kerületén csúszásmentesen legördítünk egy másik kört. Ennek egy kerületi pontjának a nyomvonala az epiciklois. A számítógép helyesírási kontrollja azt írja, hogy epicikloid. Ez is helyes, leginkább akkor, ha kis átmérőjű kört gördítünk egy nagyobb átmérőjű körön, mert akkor epicikloisokat képeztünk, s így összességében talán már valóban epicikloid. Úgy értem, epicikloisok sokasága.

Mivel az evolvens egyértelműen a fogaskerék jellemzője, ezért a fogaskerék fő fogalmait is ideíránk, bízván nem mérnök olvasóink kíváncsiságában, míg a mérnökök esetében a dolgok felidézését segítenénk elő.

Így a fogaskeréknél a fejmagasság: m ; a fejhézag: $1/6 m$; a lábmagasság: $7/6 m$; a fogmagasság: $13/6 m$; az osztókörátmérő: $z_1 m$ (z a fogszám); a fejkörátmérő: $(z_1 + 2) m$; láb körátmérő: $(z_1 - 14/6) m$; és



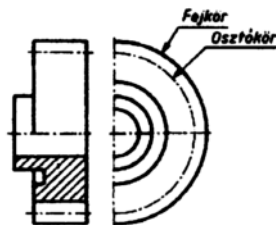
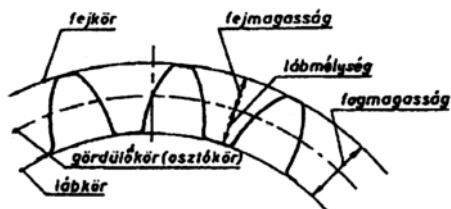
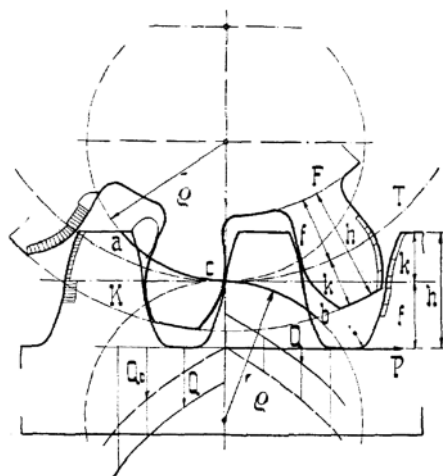
az alapkörátmérő: $z_1 m \times \cos \alpha$ (a) (fogszám szorozva a kapcsolószög cosinusával).

A fenti felsorolásból szembetűnhet, hogy ugyanazon fogszámú és kapcsolószögű, de eltérő modulusú fogaskerek csak arányokban különböznek, ám egymásnak centrális projekciói, és ebből az is következik, hogy minden számítást elég $m = 1$ modulusú kerékre elkészíteni, mert minden más modulusú kerékre az eredmény szorzással számítható. Végül is, ezzel az elemi kerék fogalmát is körbejártuk.

Projektív. Olykor használjuk a fogalmat. Aki utána akar nézni az esszében írottaknak az evolvenssel vagy a pontok körön való legördítésének megoldásával vagy a fogaskerék elméletével és gyártásával kapcsolatban, belebotlik e fogalomba is. Klug Lipót *A projektív geometria elvei* című könyvéből vesszük a fogalom magyarázatát: „Két pontsor, vagy egy sugársor, vagy egy pontsorra vonatkoztatva, hogy minden elemének az egyikben egy elem felel meg a másikban, és bármely négy megfelelő elemnek kettős viszonya egyenlő egymással: **projektív vonatkozású**, vagy röviden **projektív** pontsornak, projektív sugársornak, illetőleg projektív pont- és sugársornak nevezzük.”

Ismét tegyünk egy kitérőt Klug Lipót kedvéért, aki a XIX. század végének kiváló matematikusa és az ábrázoló geometriának nagyszerű oktatója volt. 1854-ben Gyöngyösön született. A gimnázium öt osztályát szülővárosában, majd a VI. osztályát a pesti városi reáliskolában fejezte be. 1870–1872 között a József-műegyetemet látogatta, majd a királyi tanárképzőnek volt a tagja. 1874-ben a pozsonyi városvezetés ábrázoló geometriából és mennyiségtanból fő-reáliskolai tanárnak választja, ahol 1893-ig tanított. Bölcsészdoktori oklevelet 1882-ben szerzett. Egyetemi magántanár és főiskolai rendes tanár volt. Cikkei műegyetemi, szakmai értesítőkből jelentek meg. A fenti könyvön kívül írt még néhány tankönyvet. Az ábrázoló geometria alapjairól írott tankönyve a magyar szakmai tankönyvírás kimagasló alkotása.

Az evolvens elmélete korábban kialakult, mint ahogyan azt a korabeli műszaki tudás szerint meg lehetett volna valósítani. De erről majd később beszéljünk.



Ősidók óta foglalkoztak a fogaskerék problematikájával, és folyamatosan keresték a megfelelő megoldásokat. Mint azt már említettük, Homérosz eposzaiban megéneklie a „magától mozgó” szerkezeteket. Azt is tudjuk, hogy az egyiptomi fáraók technikusai fortélyos mozgó, emelő szerkezeteket építettek folyóvizeik épületekbe, elsősorban a palotákba való továbbítására. A minósi kultúrában, 4-5000 évvel ezelőtt a királynő knoszosi palotájában a fürdőszoba a harmadik szinten volt. Emelő mechanizmusok, amelyek fogaskerekekkel kellett hogy működjenek, biztosíthatták csak a fürdő és a toailettek vízellátását. Vitruvius, római építész írja le először a fogaskerékpár-mechanizmusok egy lehetséges formáját, amely a malomkerékből állt és nagyméretű, lassan forgó csillag- vagy koronakerékkel hajtották a pörgőket, amelyekkel aztán mozgatták a különböző mechanizmusokat. Marcus Vitruvius Pollio (i. e. 80–70–15), aki Julius Caesar hadmérnöke volt, és számos vízművet tervezett és valósított meg hadvezére kívánságára, tökéletesen tisztában lehetett a fogaskerekek szerepével, működésével, a velük elérhető áttételek hasznosságával. Hajító fegyvereket is tervezett. Azt gondolhatjuk, hogy igencsak kreatív, okos mérnöke lehetett a rómaiaknak. Umbriában, saját forrásából győződhetünk meg róla, egy bazilikát épített. Az *építészetről* című könyvét Augustus császárnak ajánlotta, s hírnevet is így szerzett magának.

Philippe de La Hire (vagy Lahire, vagy Phillipe de La Hire) 1640. március 8-án született és 1718. április 21-én halt meg, kiváló francia matematikus és csillagász volt. 20 éves korában Rómába megy festészetet tanulni. Amikor visszatért, Párizsban kezdte el tanulmányait a matematika és a csillagászat világában. Nagy tehetsége volt a tudományok befogadásához. Feltételezem, a festészet iránt megnyilvánuló kreativitása, a matematika és a csillagászat tudománya még inkább elámította, hogy a megismerése irányában induljon el. Annak az akadémiának a tagja lett, amelynek többek között Gottfried Leibniz és Descartes is tagja volt. Rendkívül aktív és széles körű munkát végzett. Részt vett a Francia Tudományos Akadémia 1678-ban indított csillagászati



Kép Szeniczsei Lajos könyvéből

számítási munkáiban, amely méréseknek az volt a célja, hogy a Nap és a Hold mozgását leírják, és megalapozzák a bolygók kutatásának matematikai alapjait. Térképészeti munkákat végzett. 1667-től tanított az Akadémia d'architecture egyetemén, majd 1683-ban a Collège Royalban kapott katedrát. Két fia is tudományos munkát végzett. Gabriel-Philippe matematikus, Jean-Nicolas botanikus lett. A mi szempontunkból az izgalmas az, hogy leírta grafikus módszerekkel a kúpszeletek jellemzőit, és később az epiciklois állt a figyelmé középpontjában. Ebben a munkában említi meg, hogy a körevolvens az epiciklois határeset, s mint ilyen, bizonyos feltételek esetén, fogprofil kialakítására is alkalmas.

De ne feledkezzünk meg a korról és a valószínűs időről. Az elmélet ismét előreszalad,

és a gyakorlat, vagy inkább a műszaki, technikai színvonalból kiinduló praktikum még mindig a pálcás fogazást preferálja.

Ezekben a szerkezetekben a legjobban igénybe vett alkatrész a pörgő volt (a fenti ábra). Mint fentebb már említettem, bronzrudakat, pálcikákat építettek hengerszerűen a két tárcsa közé, növelve ezzel tartósságát. Ehhez kapcsolódtak a „fogak”. Ezeknél a korai szerkezetnél a nagy, kör alakú fogaskeréktestre, tárcsára sugárirányban voltak beépítve a fogak. S ha figyelmesebben tanulmányozzuk a homlokkerekeket, ismételten csodálhatjuk ősi mérnökeink, technikusaink leleményét, mert az osztókört, a lábhézagot és a fejkört úgy kellett használniuk és megépíteni a kerekeket, hogy azok folyamatosan tudjanak körbehaladni és kapcsolódni egymáshoz. S ha ezt megoldották a szakemberek, a szerkezetek variációi már nem okoztak lényeges problémát. S arról sem feledkezhetünk meg, hogy a fogaskerékajtásoknál az evolvens lesz műszakilag az a görbe, amely biztosítja a megfelelő, szlip(csúszás)mentes gördülést.

Csakhogyl

Csakhogyl a tapasztalat vezérelte az ősrégi fogaskerék-mechanizmusok megépítését! A tapasztalat alakította ki, hogy a fog, a „pálcika” ne ütközzön a másik kerék lábkörével, hanem kis hézagot hagyva (ma lábhézagnak nevezzük) megmaradjon. A „fogak” kapcsolódását a pörgőhöz szintén okosan, a tapasztalat diktálta módon kellett hogy megépítsék. Itt a követelmény szintén az akadálymentes gördülés volt. Az osztókör létét szintén a tapasztalat alakíthatta ki. Mert ha nem találják meg azt a fontos átmérőt, amíg az egész rendszer működhet, akadni fog a hajtás. Tehát, mi itt a pálcikahajtású homlokkerekek és a hozzá kapcsolódó pörgőt írjuk le. Mintegy annak gyakorlati megvalósítását. De felmerül itt egy érdekes elméleti és gyakorlati kérdés is.

Készítsünk ősrégi, pálcikás fogakkal megszerelt homlokkerekeket!

Mi itt most az emberiség technikai fejlődését, a kornak megfelelő kreativitást, műveltséget és gyártani tudást feszegetjük!

A csillag- vagy koronakerekekkel párosított pörgő végül is annak a pálcika-fogazásnak az őse, amely tankönyvekben még ma is előfordul, de gyártása és elmélete már annyira nem érdekli a műszaki tudományt. De azért itt is kell egy kitérőt tennünk, ha nem is ekvivalens kerékről van szó: az óragyártásnál vagy különféle rugóra működő szerkezetekben a pörgő ma is használatos. Melyikünk szedett már szét régi, rossz órát, és mennyit pörgettük gyerekként a „pörgettyűt”, ahogyan neveztük? A használatának nyilvánvalóan az az oka, hogy nagy áttételeket lehet a pörgő elempárral, annak kapcsolódásával elérni.

A malmok építőinek nagy módosításokra volt szükségük azért, hogy a lassan, lomhán forgó vízkerekek ellenére a malomkövek, a kőjáratok gyorsan forogjanak, hiszen az őrlés a fejlődő mezőgazdaságban megkövetelte a belátható időn belüli munkavégzést. Ha tanulmányozzuk a ma már szétomló malmokat, szerte Európában megőrzött és műemlék szándékával restaurált építményeket, azt tapasztaljuk, hogy hat pálcánál kevesebbet pörgőn nem alkalmaztak. De mivel elég gyakran fordult elő, hogy 8-12 pálcikát alkalmaztak a pörgőkön, feltételezhetjük, hogy ez volt a gyakorlatot folytatók kedvence. A nagy kerék méretei szükségszerűen a vízikerek méretéhez igazodhattak. Ma is találhatunk kirándulásaink során, akár működő vízimalmokat is. A malomszerkezetek, de az ősi vízkiemelő szerkezetek is a mozgás irányát tudták, egyebek mellett változtatni, az áttételek

változtatásával a sebességet, és a malom teljesítményének is a kerék és az áttételek voltak az alapjai. S gondoljunk abba is bele, hogy legjellemzőbben a középkorban váltak a vízimalmok a gabona megőrlésének gépezetévé. A patakra, folyamra építették, vagy éppen úszó szerkezetek voltak nagyobb folyamon. Mindez a falusi, vidéki közösségi szakmunka, kreativitás bázisa lett. Az már a történetírás fonákja, hogy a hét falura híres molnárok megmaradtak a mesékben, legendákban, a történelmi könyvek írói is szívesen emlegetik őket, de arról a fűrő, faragó, ácsmunkához, fogak, pálcikák elhelyezéséhez, rögzítéséhez értő, a megfelelő anyag kiválasztásával foglalkozó emberek a múlt névtelen emlékezetű parasztjai, dolgozói lettek. Híres polgárokról már inkább tudunk: kovács, mechanikus, posztóverő, kékfestő és így tovább. Pedig a hétköznapijainkat mégiscsak ezek az ügyes emberek alakították a politikán kívül.

Most írom újra: készítsünk mi pálcikás fogaskerekeket!

A nagy kerék méretei a vízikerék méretéhez igazodtak. Ezeket a kerekeket úgy készítették, hogy a keréktestet fából összeácsolták, és a kerületén külön álló darabokból készült fogakat helyeztek el. A különálló és egyenként készített fogakat a fémkerethez külön-külön rögzítették. Ez a gyakorlat a XIX. században alkalmazott módszer volt. Hogy a pörgők gyors kopását megakadályozzák, a nagy kerék fogait tengelyirányban váltakozva építették be. Ezt a fogazást nevezték el *tyúklépés-fogazásnak*. A pálcás fogazásnál a fognak csak a fejprofilja dolgozik. A fejprofil kialakítását a mester kitalaszta, megformálta, és a tanítványának örökül hagyta. Ezért élt sokáig a gyakorlatban.

Kitérő Leonardóhoz, Nietzschehez és a magyar vízimalmokhoz

A történelem számomra nemcsak osztályok, csoportok, királyok harcai, történeteik, legendáik. Nem is a tanulságok levonásának elmélete. Persze mind az is. Én az egyéni embersorsok folyamának gondolom, akik aztán szerveződtek olyan csoportokba, országokba, szolgáltak és áldozatul estek olyan politikának, amelyről hitték a jót, és aztán belebuktak a rosszba. A közösségi emlékezet nevükkel tartja fenn a történelem sodrában az emléküket. Ezért a politikusok, hadvezérek, tudósok neve fennmarad. Az iparosé, a hétköznapi technikusé, a segédjéé nem. Engem inkább ez az, ami érdekel a történelemből, ebben a kérdésben. Mert hiszen sokan fejtegették már és határozták meg, talán helyesen, a történelem hasznát, s pontosították fogalomrendszerét. Hogy egy filozófust idézzünk a könyve címével: *A történelem hasznáról és káráról*. Friedrich Nietzsche írta e könyvet. Igaz, következő idézetünkben a német filozófus Grillparczerra hivatkozik, s így az idézetünk is tőle való: „mi egyéb hát a történelem, mint az a mód, ahogyan az emberi szellem felfogja a számára *áthatolhatatlan eseményeket*; összeköti azt, ami isten tudja, összetartozik-e; az érthetlent valami érthetővel helyettesíti; a külső célszerűségről alkotott fogalmát ráérti egy olyan egészre, amely csak belsőt ismer, majd véletlent feltételez, ahol ezernyi kis ok működött közre. Minden embernek egyidejűleg megvan a maga külön szükségzerűsége, úgyhogy millió irány fut párhuzamosan, görbe és egyenes vonalakat követve, keresztezi, támogatja, akadályozza egymást, és így



– eltekintve a természeti események hatásától – lehetetlenné teszik az éppen történő mindent átható, mindent átfogó szükségszerűségnek bizonyítását.”

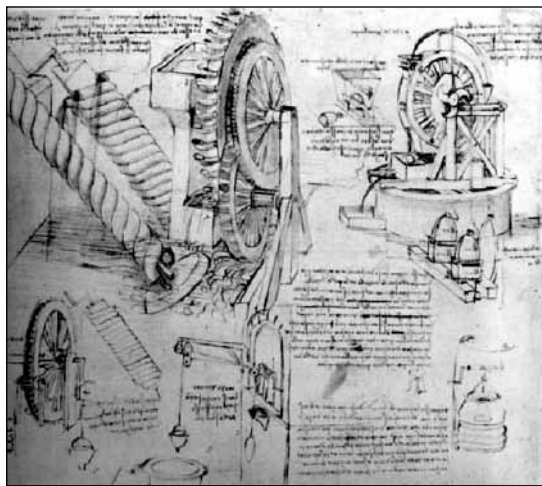
Ebben az okfejtésben a történelem mindennapi életét csak valami mély filozófia szolgáltatja, az egyén, nem beszélve a kisemberről, aki megtermesztí a gabonát, begyűjti, csépele, kis, praktikus szerkezet talál ki, amelyet feljegyzett tudósok felismertek, s megkísérik az emberekre hagyni az elméletet, a gyakorlati megvalósítást reájuk bízva. Mert élni kell, és haladni a világgal szintén szükségszerűség.

Engem az egyén érdekel. Az ember, aki mesterként élte le életét, s közben egy faluközösség technikai dolgait megoldotta. Érdekel az a parittyás legény, aki Góliátot kőgolyóval fejbe lőtte. Bár igaz, az ő nevét ismerjük. Míg a sok, ősidőktől származandó, kreatív ember neve valahol feloldódott a műszaki teljesítményükben. Lehetséges, hogy voltak olyan emberek, akik közel azonos tudással rendelkeztek. Esetleg járták megélt idejükben a falvakat, és képesek voltak arra, hogy megtanítsanak más kreatív embereket, akik majd mint mesteremberek a faluközösségbe is beilleszkednek, letelepsznek és családot alapítanak.

Igazi nagy szellemek éltek múltunkban. Leonardo da Vinci a nyughatatlan gondolkodó, a festő, a szobrász, technikai újító, az emberi test kíváncsi vándora, minden korunk példaképe éppen úgy foglalkozott a fogaskerek problémájával, mint ahogyan az elődei és utódai azóta is teszik.

Úgy tudjuk, hogy korának egyik szellem óriása volt. Az emberiség nagy öregje!

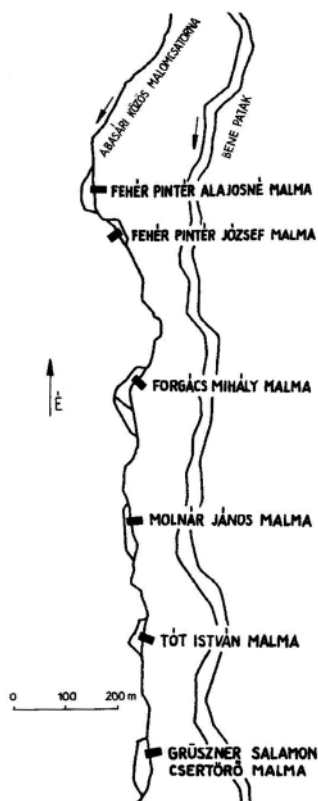
Most soroljuk fel azokat az érveket, amelyek ellene szólnak a „magyar paraszt” oly sokszor hallott, degradáló terminológiájának. E mondat, az én értelmezésem szerint, a régmúltba mutat. Mindenekelőtt kiváló iparosok kerültek ki közülük, akik meg tudták teremteni a közösségük életfenntartásához szükséges eszközöket. Azt írja egy jeles muzeológusunk, hogy a nyugaton harcoló magyarjaink a X. században nem volt meg a képességük a hajító, várakat, városfalakat bevevő eszközök működtetéséhez, például nem voltak megfelelő ballisztikai ismereteik! A nyilazáshoz, az így megtörténő pontos célzáshoz nem volt elegendő ismerete a magyar lovas, nyugati inváziós seregeinknek. Ezt én nem hiszem.



Leonardo rajza vízemelőkről, fogaskerekekről, lehetséges mechanizmusokról, gépekről



Leonardo da Vinci



Részlet az abasári közös malomcsatorna helyszínrajzából (1911, Mátra Múzeum, Gyöngyös)

Nem tud szöveget beverni az, aki gyermekkorában azt nem tette meg. Emlékszem középiskolás magyartanáromra, aki egy képet akart elhelyezni a falon, amihez mégiscsak kell egy szög meg egy kalapács, úgy ütögette, hogy többször találta el a szöveget fogó ujjait, mint a szög fejét. De a kép, az bizony József Attila képe volt! A műveletet sikeresnek kell tartanunk.

Hogy a magyartanárom ügyetlen volt, azt bizonyítja, hogy a Nyugatot támadó, megsarcoló, magyar inváziós seregek is kezdetben nem érthettek várat megvívó dolgokhoz, netán nem tudtak megsarcolni gazdag városokat, talán nem elegendő a logisztikai tudásuk, hogy eljussanak Szibériából a nyugati óceán partjáig? De megtanulták, és ez a magyar hajlam, hogy a következő gépünk, berendezésünk jobb lesz, mint az előző. Megtanulják az elorzott hajtóeszközök kezelését. S a szög fejét nem csak véletlenül találják el, hanem megtanulják a technikáját!

A válasz tehát az, hogy volt idő, amikor még nem voltak képesek erre, de később felhasználták a látott és megtanult dolgokat, hogy tapasztalattá váljon, s majd használni is tudják, például az aurburgi vár ostrománál, 952-ben.

Bizony, azt gondolom, történészeinknek jobban le kellene hajolni a tárgyakhoz, hogy egyszerűbb dolgoknak is megadjuk az értelmét.

Nem mérhető Leonardóhoz a magyar vízimalmok gyártóinak, névtelen technikusainak sora. És mégis, nézzük meg, mit is találtak a magyar történészek és néprajzosok e témában.

Nézzük talán a mátrai vízimalmok történelmi idejét. Alapul Selmeczi Kovács Attila *Vízimalmok és molnárok a Mátra alján* című tanulmányát vesszük alapul és ajánljuk önnek is, kedves olvasó.

De mi ebben az információban a szokatlan?

1301-ből maradtak fenn az első írásos emlékek, említi hivatkozott irodalmunk, hogy a mátrai patakok mentén feltűntek a vízimalmok. A Bene-patak a Szent László-forrástól indul – a vidék földesurainak, az Aba nemzetségből származó Csobánkák osztálylevele szerint, egész sor malomról tesz említést a Bene-patakon zömében Mátrafüreden. Az oklevél szerint az osztozkodó három testvér 4-4 malmot kapott. Többnek a nevét is ismerjük: Ebhardt malma, Farkas malma, Fekete Péter malma, Bogdán malma.

A másik nagy vonulat: a Nagy-patak vizét a Galyáról lefutó Monostor és a Szén-patak is felduzzasztja, mire Gyöngyössolymoshoz ér. Gyöngyöshalász alatt egyesül a Gyöngyös-patakkal, és innen kezdve már ezen a néven szerepel a könyvekben, oklevelekben. Számos malom működött ezeken a patakokon, tudjuk meg Széchenyi Tamás erdélyi vajda határperéből.

De ugyanez a helyzet később Abasárnál is.

Mi ebben az információban a szokatlan? Végül is, témánk szempontjából csak az, hogy a Kárpátok ölelte hazában számtalan helyen, már 1301-től ismerünk vízimalmokat. Ezért bátran feltételezhetjük a korábbi malmok működését is. Így tudhatjuk, hogy a vízikerekek tudománya mellett ott volt a hengerkerék és a pörgő valamelyik változata. A fogaskerekek esetében választhatták a tyúklépés-fogazást és a pálcika-fogazást, az áttételeket, fordításokat szintén ezeknek a technikáknak a felhasználásával valósíthatták meg.

A kibontott rajzok könnyebben teszik láthatóvá a fogaskerekek egyszerű, okos felhasználását Bélior *Architecture hydraulique* című művében, amely 1737-ben jelent meg. Ezen a képen láthatjuk a csillag- és koronakerékeket, a pörgőket. S azt is meg kell jegyeznünk, hogy ezek a szerkezetek már időszámításunk előtt is működtek a korabeli birodalmakban.

És itt el is hagyjuk a fogaskerekek felhasználásának bemutatását, mert bízzunk abban, hogy felkeltette az érdeklődést a mérnökökben éppen úgy, mint a bölcsész tudományúakban.

Térjünk vissza az evolvens elfogadásának, megfejtésének útjához.

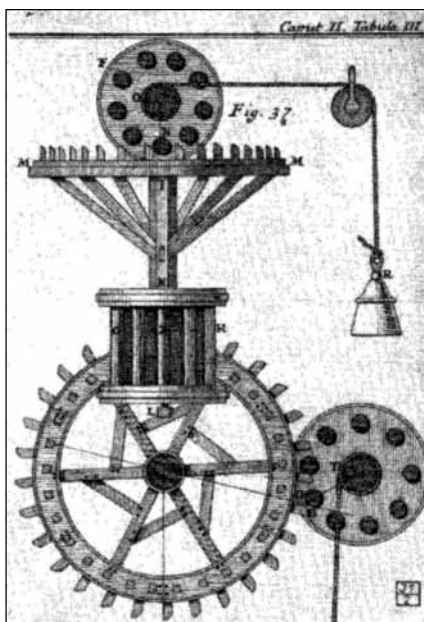
Ne felejtjük el, a különböző fémekből készült fogaskerekeknek is megvan a maguk történelme, még ha pálcika-fogazásról beszélünk is. A bronz megjelenése indokolta, hogy a gyorsan kopó alkatrészeket ebből az ötvözetből készítsék. Az ipari forradalom, a gépesítések kora már megkövetelte tömegszerűen az acélkerékek gyártását. De a mérnök kollégák jól tudják, s adjuk át az ismeretet a bölcsészeknek is, hogy a fémek ötvözei és a fogaskerekek felhasználása determinálta az anyagot is. Ma a tudományos gyakorlat olyan ötvözeteket választ ki a különböző fogaskerekek anyagának, amelyeket éppen a beépítendő szerkezet megkíván.

Az elmélet mintha megtorpant volna. A francia akadémikusok eljutottak az elmélet egy adott szintjére, s száz évnek kell eltelnie, hogy az evolvens újra a kérdések, megoldások homloktüzebe kerüljön. Itt visszatalhatunk Desargues francia hadmérnök kutatásaira, aki a XVII. század derekán rájött arra, hogy a nagykerék fogprofilja csakis epiciklois lehet. És ezt a görbét a már hivatkozott De la Hire alkalmazta is.

Ezek után mintha az elmélet továbbfejlődése megpihent volna. Addig mindenképpen, amíg nem jött egy zseniális mérnök, akit Leonard Eulernek hívtak.

Nézzük, ki volt ez az ember?

Mindenekelőtt elképesztő publikációs mennyiséget bocsátott az emberiség rendelkezésére: halálakor, 1783-ban 560 megjelent művet számoltak össze, a kutatások során a XX. század elejére ez a szám 866 írásra bővült (információ: internet).



Csillag- és koronakerék, s a velük pározott pörgők Bélior *Architecture hydraulique* című munkájából (1737)

A mi Eulerünknek az apja svájci kálvinista lelkész volt Bázelen, amikor megszületett Leonhard nevű fia. Mivel apja a szomszédos Reichenben prédikált, gyermekkorát itt töltötte. Apja kívánságára teológiát tanult, de a sors szerepében, egy közismert nevű fizikus, Johann Bernoulli közbelépett, aki meggyőzte az édesapát, hogy a fiának nem lelkésznek, hanem matematikusnak kell tanulnia. S így 1726-ban megszerezte matematikusi diplomáját. Daniel Bernoulli 1727-ben a Szentpétervári Tudományos Akadémiára hívta, ahol a fizika professzora, majd a matematikai osztály vezetője lett. Ez utóbbit Daniel Bernoullitól vette át, aki betegsége miatt visszautazott Svájcba. (Csak emlékeztül: a Bernoulli család



több tagja szerepel a matematika, fizika történetében.) Euler betegeskedni kezd, és 1735-ben heveny láz viszi majdnem el, 1740-ben szemműtétet hajtanak végre rajta, és a műtétek eredménytelenségeként 1771-ben mindkét szemére megvakul. De teljes életet élt. 1734-től, amikor is feleségül vette Katharina Gisellt, megkezdődött hosszú, gyermekáldásokban gazdag élete, 13 gyermeket szült a felesége, akik közül a felnőttkort öten élték meg. Így hát a család nem vihette ki a szobából a gyermekbőlcsőt legalább 15 évig. Ez is teljesítmény! A feleség és a férj részéről, aki nem mellékesen a tudomány egyik óriása is. Nagy Frigyes porosz király 1741-ben Berlinbe hívja, ahol részt vesz a Berlini Tudományos Akadémia megszervezésében. Itt is a matematikai osztály vezetője volt az akadémia elnöksége mellett. Ez az idő az életében 1766-ig tartott. Jött ekkor egy másik kiváló tudós, D’Alambert, akivel képtelen volt együtt dolgozni. Feladja berlini állását és visszamegy Szentpétervárra, ahol tovább alkot, és ahol 1783-ban agyvérzésben meghal. Izgalmas tudományos életút! Minket az 1760-ban megírt könyve, a *De aptissima figura rotatum dentibus tribuenda* érdekel, amely művében, elfogadva a tudós- és mérnöktársadalom által is, az evolvens visszahódítja az epicikloissal szemben a fogaskerékgyártás elméletében az elsőbbségét. Ha lehet egyáltalán sorrendiségről írni.

A gőzgép megjelenése a fogaskerekek gyártásában is forradalmi változásokat hoz. Egyrészt a nagy sebességek miatt a többnyire öntöttvasból készített kerekek nagyon hangosak voltak. Zörögtek. Szükség volt a már meglévő, de alkalmazásában még mindig nehézkesen jogosultságot nyerő jól gördülő kerekek készítésére, vagyis az evolvens vagy az epiciklois alkalmazására. Ha a gördülőkörön ívelt profillal gördül a két kerék, az alámetszést majd az „összejáratás” megoldja, hogy csöndesebbek lettek a vaskerekek. Ez a gyakorlat végül is azt a hibát hozta, hogy előbb távolabbra állították a tengelyeket, majd ahogy összekoptatták egymást a fogak, beállították őket a megfelelő helyzetbe. Ez a gyakorlat Szeniczai Lajos szerint két bajt szült. Az egyik az, hogy a „bejáratásba” vetett hit még a mai napig is tartja magát. Tény, hogy a mechanikákat olykor ma is szokás bejáratni. A másik baj az lett, hogy az elmélet rossz irányba mutató vágányra siklott, ugyanis azt kezdték hirdetni a gyakorlati szakemberek, hogy az evolvens az a ciklois felé „kopott”. Ebből aztán következett, hogy azt kezdték állítani, hogy az evolvens a

„mesterséges”, míg a ciklois a „természetes” profilforma. Amikor a cikloisprofilú kerek gyártására viszonylag könnyen rájöttek, azonmód visszatértek a ciklois fogazáshoz. Ezért az evolvens szinte feledésbe merült, hitelét veszítette a műszakiak szemében mindaddig, amíg a XX. század legelején elterjedt generáló – lefejtő – megmunkálás fel nem támasztotta. De most már olyan sikeresen, hogy a múlt században a ciklois profil már csak a szakkönyvekben kapott helyet.

Mivel fogaskerékajtásokat emlegetünk, amelyek végül is soros kerek egymásutániságából állnak (csoportkerek), a probléma tudománytörténetével nekünk is foglalkoznunk kell.

A francia Camus már 1733-ban kifejtette a soros kerek alapgondolatát. Mégis eltelt vagy száz év – s nem véletlen, hogy a gőzgépek, gőzmozdonyok megjelenésének az időszakában vagyunk, amely szinte kikényszerítette a világos, műszaki gondolkodást és cselekvést –, amíg Robert Willis magánmérnök (már ha ez jelent valamit) előbb az evolvens, majd néhány évvel később a ciklois profilú soros fogaskerek készítésének szükséges feltételeit számba vette, és így valami rendet teremtett ebben a szakmai zűrzavarban. Angliában már Willis előtt is szokásos volt, hogy a kerek osztását (fogosztást) nem akármilyen méretben lehet megadni. És ezt pártolta a műszakiak nagy csoportja. A más méretek megadása kiemelte őket a tágabb műszaki közösségből, azon az alapon, hogy valami más tudnak, mint a többiek. Így aztán a használatos méreteket a gyakorlat alakította ki: a kerületre vonatkoztatott és „cirkularpitch”-nek nevezett osztást. Willistól ered az a gondolat is, hogy ne a kerületre számolják az osztást, hanem a $p(3,14)$ hányadosaként az átmérőre vonatkoztassák. Ezért van az, hogy a „dimetrálpitch”, s így közvetve a modulus fogalma is tőle ered. A mai elemi kerék jellemző méreteit is: a fog, a lábmagasság, a fej- és lábkör átmérőjét és a fogvastagságot ő „normalizálta” a mérnöktársadalom számára.

Willis az evolvens profilt egy körívvel, a ciklois profilt két körívvel helyettesítette. Egyszerű és gyors volt ez a megoldás. Ezek után elméletileg is elfogadta a gyárilpar mérnöktársadalma, ezért rohamosan elterjedt a fogaskerékgyártásban az egész világon. Egyedül a német ipar nem fogadta el Willis mérnök módszerét, hanem a pitch helyett annak reciproka érték, a modulust alkalmazta, de e látszólagos eltérés ellenére a modulusztású kerekeket a műszaki nyelv Willis-kereknek nevezi.

Hogy a németek miért nem fogadták el, annak érdekes oka volt. Ugyanis a német professzorok nem ismertek el semmiféle kompromisszumot, s a köríves megközelítést tökéletlennek tartották. Ami végül igaz is. Csakhogy az angol mérnökök tisztában voltak azzal, hogy akár a ciklois, akár az evolvens profil a rajzasztalon tökéletlennek látszik, a gyakorlatban mégis közelíti a rajz szerint gyártott fogaskerék íveit. Ennek egy technikai oka volt, egyszerűen az, hogy nem volt a fogak megmunkálására hátraesztergáló profiltartó berendezés. A végső alakot a lakatosok kézi munkával végezték.

Az alámetszés kérdését csak a XX. század elején elterjedt általános, generáló megmunkálás tárta fel s tette nyilvánvalóvá megfelelő gépi berendezés megépítésével.

Robert Willis a cambridge-i egyetem professzora volt. Tipikus angliai úriember lehetett, elhivatott, fensőbbes és mértéktartó. Legalábbis ilyennek képzel el az ember, mondjuk Dickensnél, egy XIX. századbeli mérnököt. Magánmérnök volt. A fent említett tudományos dolgok és kutatások vezéralakja.

Végezetül

Szeniczei Lajos, a már említett *Az általános fogazás* című könyvében elismeri Max Maag svájci mérnöknek e kérdéskörben felmutatott teljesítményét. Rajta kívül még két-három mérnök volt, aki felismerte az általános fogazás jelentőségét. A magyar mérnök-tanár műve mintegy összefoglalása és tankönyvszerű elmagyarázása a fogaskerékgyártás elméletének, amelynek nélkülözhetetlen forrása az evolvens felismerése. Most az ő gondolataival zárjuk ezt az esszénket, kis kitéréssel, hogy kételyeink, amelyeknek mindig, minden kérdésnél fel kell merülni bennük, elevenek maradjanak. Egyszerűen csak azért, mert gondolkodó értelmiségiek vagyunk, és persze játékos, a lehetőségeinket kísérő, tudásunk határait kíváncsian tágító emberek.

Vas István költő (1910–1991) írja egyik versében: „Azt mondta Kosztolányi: / »Naponta három órát / Tölts íróasztalodnál / Négy szemközt a papírral.« / »De ha íróasztalod sincs?« / »Ülj le a földre.« »És ha / Nem tudok verset írni?« / »Írj prózát!« »És ha nem megy?« / »Foglalkozz fordítással.« / »S ha nem megy az sem?« »Akkor / Csak gondolkozz a versen.«”

„Akkor csak gondolkozz a versen.”

Gondolom, hogy értik az olvasók ennek a versnek általam sejlő értelmét. Azt ugyanis, hogy egy mérnök, egy bölcsész, egyszerűen egy értelmiségi számára nincs olyan idő, amikor „semmi sem megy”! Mert akkor az eljárás az, amit Kosztolányi mondott Vas Istvánnak, akkor csak gondolkozz a versen. Gondolkozz egy megoldásra váró feladaton, vess fel egy kérdést, keresd a választ, tedd azt, amiért értelmiségi lettél. Felelj meg a szellem kihívásának!

Szeniczei Lajos egy kiváló értelmiségi a múltból. Jó mérnök, nagyszerű gondolkodó, jó tanár, jó tankönyvíró, és sokat tudott az evolvensről, sokat a cikloisokról, a fogaskerekek geometriájáról, tervezéséről, gyártásáról.

Azt írja Szeniczei, hogy az evolvensfogazást a ma szokásos, több mint százéves gyakorlat alapján kifejezesebb tárgyalási módszerekkel megmagyarázni és valóban érthetővé tenni felettébb nehéz. Ennek az oka, hogy a geometrikus leképzésre ajánlott cérna legömbölyítésének példája egyszerű és plasztikus, de tudományos igazolásra azért mégsem alkalmas. Tudományosabb színezetű az a megállapítás, hogy az evolvensfogazásnál egyenes gördül le az alapkörön, amíg a cikloisfogazásnál kör. Bármennyire is igaz a megállapítás, aki foglalkozni szándékozik e kérdésekkel, rájön, hogy jó, jó, de hol van az az egyenes? Lassan aztán, ahogyan mélyülnek ismeretei, rájön, hogy ha az álló fogaskeréken a párját legördíti, az mindig epicikloist fog leírni, akkor is, ha a kerekek fogazása evolvensfogazású. Ha az olvasó tovább gondolkodik a kérdésen, és a geometriában némileg járatos, még arra is rájön, hogy a fenti példában a legördülés az osztóköron történik, neki pedig a szakkönyvek többsége az alapkör fontosságát magyarázza. Ezért aztán rájön arra a válaszra, hogy az alapkör csak amolyan „elméleti” dolog, a gyakorlatban az osztóköron a fontos.

Tapasztaljuk, hogy a gépkocsink sebességváltója milyen csendes, milyen jól jár! A fenti elmélet tudománytörténete talán arra volt jó, hogy felismerjük, a gyakorlat milyen okosan oldotta meg a fogaskerék gyártását. A lefejtő marógépek, foggyaluk, vésőgépek, különböző osztófejekkel kombinálva a gyakorlatban igazolták az elmélet fontosságát és igazságtartalmát. Nem vágunk bele

a szerszámgépek, szerszámok sokaságának ismertetésébe. Ez már nem ennek a dolgozatnak a feladata.

Igaz talán, hogy szándékomnak megfelelően a mérnök ismereteket frissíthet, a bölcsező egy érdekes fogalommal, elmélettel ismerkedik meg e tudománytörténeti esszé elolvasásakor. És ez jó mulatság!

Sine ira et studio.

Minden harag és elfogultság nélkül.

Tudománytörténeti kronológia

Krisztus előtt a IV. évezred, a nílusi kultúrák. Öntöző és vízemelő szerkezetek.

Az ősi fogaskerekek megjelenése.

Krisztus előtt 1600 körül a minószi kultúra palotaépítéseinél emelő szerkezetekkel viszik fel a vizet.

Krisztus után 300 körül a zugmantelli castellum kútjában talált római kori pörgő legalább 1700 éves.

1301-től megismerjük a mátrai vízimalmokat. Kerekeiket, áttéteiket.

1464 Raguzza (Dubrovnik) Porta Pile nevű városkapujának felvonóhidját emelő csörlő vasból készült fogaskerékpárja.

XV. század Leonardo da Vinci munkássága.

XVII. század Desargues francia hadmérnök rájön arra, hogy a nagykerék fogprofilja csak epiciklois lehet. A Da le Hire által gyártott fogaskeréknél alkalmazásra is kerülnek.

1733 Camus francia mérnök tisztázza a soros kerekek alapgondolatát.

1760 Euler munkái szerint az evolvenst elfogadják az elméleti szakemberek is.

1837–1841 Robert Willis rendezi a korábbi elméleteket, és alapvető fogalmakat vezet be. Tisztázza az evolvens és epiciklois megrajzolásának módszereit.

1856 Az amerikai ipar fejlődése eredményeként egyre inkább az evolvens profilú kerék kezd egyeduralkodóvá válni. XIX. század második fele fogazógépek különböző típusainak megjelenése.

1870 körül az alámetszés problémáját megoldják. A század végére szerszámgépet is konstruálnak.

1900 körül az evolvens egyre inkább egyeduralkodóvá válik. Felvetődik, és megoldások születnek a soros (sok darabból álló kerékpárok sorozata) és a csoport kerekek (véges számú darabból álló, de pároztható sorozatok) felhasználhatóságára.

XX. század egyetemlegesen elterjed az evolvensfogazás. Kiváló elméleti és gyakorlati szakemberek értelmezik és valósítják meg. Iparilag fejlett országokban tömegméretű gyártás indul be.

Felhasznált irodalom

Selmecei Kovács Attila: *Vízimalmok és malmok a Mátra alján*, in: *Tanulmányok Gyöngyösről*, 1984, Gyöngyös Városi Tanács kiadása, szerkesztette: Havassy Péter – Kecskés Péter

Szinnyei József: *Magyar írók élete és munkái*, A Magyar Tudományos Akadémia megbízásából kiadja Hornyánczy Viktor, Budapest, 1906

Szeniczai Lajos: *Az általános fogazás*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1955

Dr. Szeniczai Lajos – Erney György: *A fogaskerékgépjártás zsebkönyve*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965

Dr. Vörös Imre: *Gépelemek III. Fogaskerekek*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1964

Vas István: *Ráérünk*, Szépirodalmi Könyvkiadó, Budapest, 1983



Hiába akartam bölcsész lenni, nem sikerült bejutnom sem pesti, sem debreceni egyetemre. Ezért aztán műszaki főiskolát végeztem Dunaújvárosban.

Az első évem a főiskolán nehezen ment. Ebben az időszakban kellett bepótolnom mindazt az egzakt tudományt, amelyet a középiskolába nem tanultam meg: matematika, fizika, kémia. Mire diplomát kaptam, már szerettem a szakmát. Gyártástechnológusként kezdtem dolgozni, de hol voltam én még a szakembertől? Két hónapig hiába jártam le az üzembe, figyeltem a szerszámgépeken dolgozó emberek munkáját, még kérdezni sem mertem. Aztán megnyílt a szakma számomra is. Azt vettem észre magamon, hogy erősödik bennem e csodálatos szakma szeretete. Végül is végigmentem a ranglétrán csoportvezetőtől főosztály-

vezetőig, majd gyárigazgatóként fejeztem be aktív korszakomat.

Közben elvégeztem a budapesti közgazdaság-tudományi egyetemet. A pályámon végig az irodalom szerelme voltam. Emberismeretemet tanultam az irodalmi művekből, széles olvasottságomat aztán a közgazdasági tanulmányok alatt is kamatoztathattam, a vezetésben pedig jó hasznát vettem. Jó volt olvasni, jó volt tanulni!

Írtam négy regényt és egy esszét. A *kiüresedett város* Moszkva 1991 augusztusának tragikumát igyekszik megmutatni, az *Erzsa szerelmei* pedig egy zseniális mordvin festő, szobrász életét. A *Torkolatvidék* című könyvem 1951–1965 közötti időszak története apám tragikus rákosista börtönéletről. A cambridge-i töredék egy elveszett, eltűnt nép nyomát kutatja egy córdobai rabbi és József kazár király levélváltása kapcsán. Az esszé a kalandozások korát igyekszik némileg más szempontok szerint értelmezni.

A *titokzatos evolvens* a fogaskerék fogívének, a körön egy egyenes legördítésének tudománytörténete. Napi dolgainkból, autóinkból, gépeinkből a fogaskerék ősidők óta nem hiányozhat. Mégis csak René Descartes kezdte megfejteni a titkát, és azóta komoly elmélet alakult ki körülötte. Ma lefejtő marógépek, automaták gyártják a fogaskereket. A gyártást segítő táblázatok szükségtelessé teszik az elméleti tudást. Ám hozzátartozik műveltségünkhöz: a mérnök idézze fel az esszé elolvasása után, hogy mit tanult erről a matematikailag leírhatatlan görbéről, a bölcsész csodálkozzon rá, hogy milyen érdekes dolgok segítik mindennapjait. Az érdeklődő döbbenjen rá, milyen hatalmas a világ, s milyen határtalan a megismerés.

Napkút Kiadó Kft.
1043 Budapest, Tavasz u. 4.
Telefon: (1) 225-3474
Mobil: (70) 617-8231
E-mail: napkut@gmail.com
Honlap: www.napkut.hu

Felelős kiadó: Szondi György
Szöveggondozó: Kovács Ildikó
Tördelőszerkesztő: Szondi Bence
ISSN 1787-6877
ISBN 978 963 263 346 6