

# TECHNIKA ÉS TÁRSADALOM

Új rovatot nyitunk, közkívánatra. Olvasóink — nem utolsósorban a Korunk konkrét szociológiai anyagának hatása alatt — a hasábjainkon nyújtott fizikai, biológiai és kémiai világkép konkrét közösségi alkalmazására, a tudományos forradalom műszaki realizálódására, az életformákat megváltoztató technikai vívmányokra kíváncsiak, s legutóbb Szentkeresztbányán kaptunk ízelítőt ebből az érdeklődésből, amikor a termelés gyakorlatában közvetlenül részt vevő hallgatóság a technika és a társadalom viszonyának értelmezését kérte előadóinktól.

Hasonló célokat bontott ki szerkesztőségünk januári kerekasztal-értekezlete is. A felszólaló műszaki szakemberek, így Németi László (Számítási Intézet), Tenkei Tibor (Tehnofrig), Nagy János (Könnyűipari Tervező Iroda), Klíma Alfréd (Tehnofrig), Ladányi Erna (Közegészségügyi Kutatóintézet), Kiss István (Tartományi Vasútigazgatóság), Kassian László (Műegyetem) és Boér András (Munkaszervezési Kabinet), szükségesnek látták a gazdasági-társadalmi haladás mind technológiai tényezőinek, mind szociálpolitikai következményeinek beható vizsgálatát és népszerűsítését hasábjainkon, hangsúlyozva a matematizálás, a kibernetika, a modern technikai eljárások, a műanyag, a nemzetközi dokumentáció jelentőségét a tudomány termelőerővé válásában.

Kettős rendelésnek teszünk tehát eleget: olvasóink és mérnök-munkatársaink társadalmi igényének, amikor e rovat megnyitásával s fejlesztésével filozófiai, természettudományi és társadalomtudományi, valamint irodalmi és művészeti elkötelezettségünk mellett teret adunk a műszaki ismeretszerzés és annak társadalmi magyarázatai számára.

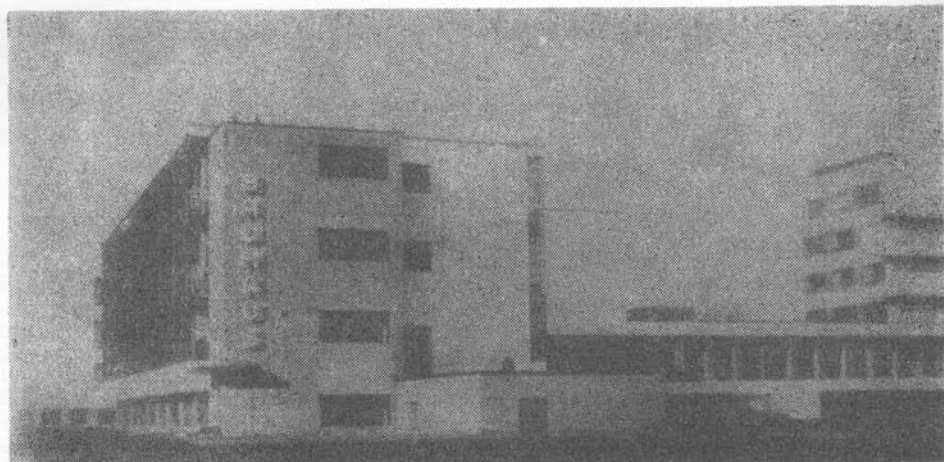
KORUNK

## Bauhaus és panelház

### A gropiusi életmű gyakorlati értelmezéséhez

A művészi kísérletezést sokszor fogadja gúny, mintha az új elméletek hirdetőit áthághatatlan szakadék választaná el a valóságtól. Annál feltűnőbb, ha évtizedek múlva felfedezhetjük a szellemi úttörők elképzeléseinek megvalósulását, melyben reálisan igazolódik az egykori merészség. Hágy Gyula a régi Korunk berlini munkatársaként már 1931-ben úgy mutatta be Walter Gropiust, a Bauhaus igazgatóját, mint akinek a művei dokumentumai lesznek az építés új értelmezéséért, az új ember új környezetéért vívott harcnak, s még ő is aggódva kérdezi: „Ki tudja, sokáig fognak-e még az emberek emlékezni erre a dessaui állami intézetre?” Ma már egy-séges a válasz: mindenkor!

A magyarázatot keresve meg kell mondanunk, hogy a Bauhaus nélkül, tanításainak mellőzésével nem is lehet modern építészetről, iparművészetről és ipari művészetről, de még szobrászatról vagy festészetről sem beszélni. A „Schule für Gestaltung, Architektur und Handwerk“, Gropius alakította, építészetet és ipart tanító iskolája mind elméletben, mind gyakorlatban a tudományos és művészi, a racionális-gazdaságos és a szép (esztétikus) szintézisére törekedett. Nem a szimpla

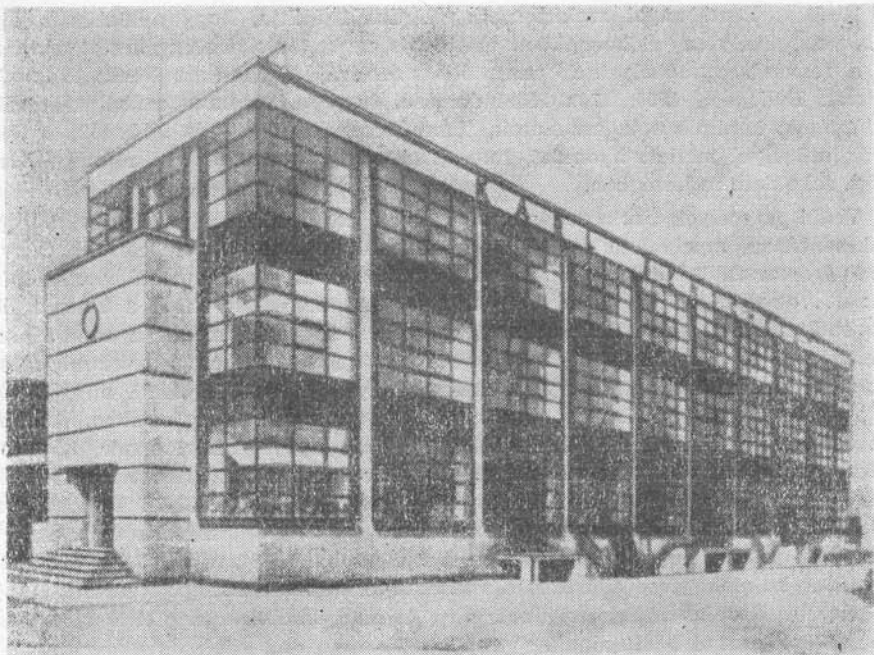


Walter Gropius: A dessau Bauhaus (1925—1926)

épület, hanem az építészetben megvalósuló környezet-alakítás volt a cél, kezdve magától az épülettől s a bútortól a mindennemű használati tárgyakig. Mindez mára a szükségszerűen bekövetkezett megvalósításokba olvadt be, s érdemes egy mai lakónegyed reális látványából kiindulva felfedezni a tavaly elhunyt mester tanításának gyakorlati időszerűségét.

Gropius már 1919<sup>1</sup> áprilisában meghirdeti egy „erős“ röpiratban: „Miért nem bolyongunk a szegénytől könnyezve utcáinkon és városainkon keresztül-kasul... a buta korlátoltság, melyben élünk és dolgozunk, megalázó bizonyítékát fogja nyújtani a jövő nemzedékének, hogy a mi nemzedékünk szellemileg milyen mélyre csúszott, elfelejtve a nagy és egyedüli művészetet: az építészetet... Együttműködve kell akarnunk, elképzelnünk, kialakítanunk az új építészeti felfogást. Festők, szobrászok, romboljátok le az akadályokat az építészet körül, s váljatok társalkotókká!“ (Conrads — Sperlich: *Fantastic architecture*. London, 1963. 137). E felfogás következetes kivitelezéseként hívja később Gropius a Bauhausba mindazokat a gépkorszakban gondolkodó — később világhírű — modern művészeket, akik nem építész létükre is jelentősen hozzájárulhattak az új építészetre való neveléshez.

Már az új iskola pedagógiájának központjába helyezett műhelygyakorlat a gépi gyártásban való gondolkozást mozdította elő. A svájci Johannes Itten és a magyar Moholy-Nagy László vezetése alatt folyó előtanulmányok célja a gyakorlati anyagismeret, a legmodernebb anyagok szerkezeti lehetőségeinek tanulmányozása és az ezzel kapcsolatos plasztikai formálás. A „Vorkurs“ (így nevezték az előtanulmányozást) után a diák hajlamainak megfelelően következett a négyéves tanulmány, amely párhuzamosan folyt a műhelyekben és a műtermekben egy-egy szakember-mester és művésztanár irányításával. Itt a cél már olyan modellek előállítására volt, amelyek a gépi sokszorosítás prototípusaivá válva egyaránt kielégítik az anyagi és szellemi funkciókat. A másutt még csak szórványosan feltűnt kísérletezések itt öltöttek először szervezett formát. Major Máté írta Gropius-nekrológiájában, hogy „a Bauhaus már 1924-ben ötven német ipari vállalattal volt üzleti kapcsolatban, s a prototípusokból befolyt jövedelemből nemcsak a növendék- és tanárszervezők kapták meg részesezésüket, hanem az iskola is biztosította teljes anyagi függetlenségét“.



Walter Gropius: Fagus-művek (1911)

Ami akkor egy új pedagógia elve volt, az mára valójában elkerülhetetlen szükségé vált: bármilyen gépileg előre gyártott épületelem vagy csőbútor ezekre a Bauhaus-munkatermekben készült első prototípusokra emlékeztet.

*Levegő, fény, természet*

Gropius nemcsak építész, hanem szociológus is volt. Felismerte egyfelől az építőtechnika aránytalan elmaradottságát, másfelől a rohamosan növekvő városok fantasztikus lakásszükségletét. Világosan látta, hogy az ellentét feloldása csak gépi úton lehetséges, s ezért kereste a művész és a gép korszerű együttműködését már akkor, amikor mindezt még csak kevesen látták s csupán elszigetelten akadtak kezdetleges próbálkozások. Ezért válhatott Gropius jelentős iskolaalapítónak és a modern építészet indulási elveinek tán legkövetkezetesebb művelőjévé. Már említett röpiratában írta: „Az eszmék semmivé válnak, mielőtt őket kompromittáljuk, ezért nyilvánvalóan különbséget kell tenni a valóság és az álom között, a mindennapi munka és a csillagok utáni vágy között.” Ahogyan a reneszánsz felfedezte az embert, a környező világot, ahogyan a reneszánsz művészet alkalmazta a tudományos felfedezéseket (centrális perspektíva, az ember arányainak törvényszerűségei), ahogyan a reneszánsz építészet vízszintes tagolással emberi léptékű építészettel hozott létre, úgy fedezte fel a Bauhaus a gépkorszakban élő ember szükségleteit, úgy „jósolta meg” a tudományos vívmányok következményeinek felmérésében és alkalmazásában az elkövetkezendő évtizedeket, ha nem évszázadokat.

Az eltelt ötven év Gropiust igazolja, kezevonása mintha minden új lakóegyedünnön rajta volna, még ha a képzőművészetek együttélése az építészettel egyelőre gyakorlatilag többnyire hiányos is.

Herbert Read angol szakíró nem véletlenül állítja, hogy a Bauhaus olyan iskola volt, amely „a mi korunkban először és egyben utoljára igyekezett újraéleszteni a reneszánsz műhelyeinek teremtő atmoszféráját” (Herbert Read: *A modern festészet*. Budapest, 1965. 170). Köztudomású, hogy a Bauhaus műhelyei sorában a kőfaragók, kerámikusok, asztalosok, fémművesek, az üveg- és falfestők, a textilszövők műhelyei mellett nyomdai, foto-, film- és színpadtechnikai műhely is működött, sokoldalú teljességben.

Végül is melyek azok az építészeti elvek és időbeli megvalósítások Gropius munkásságában, amelyek a racionális funkcionalizmus legkövetkezetesebb képviselőjévé erdemesítik? Granasztói Pál a következő megdöntő megállapítást teszi: „... az építészetnek ez a megújítása, ami nagyrészt ebből a koncepcióból, az övéből fakadt, nem afféle stílusváltás volt, mint az átmenet a reneszánszból a barokkba vagy a románból a gótikába. Hanem gyökeresen új, valami egészen más, mint ami addig volt, ami az építészetben valaha volt. Olyasmi, mint a görög dóroszloprend megjelenése az ókor hajnalán” (*Az építészet ígéretében*. Budapest, 1966. 386). Magyarán szólva, amíg a görög kőgerenda, kőoszlopos építészetben a maximális fesztávolság 6–9 méter, és a római Szent Péter-bazilika 3 méter vastag kupolájának nyílása 40 méter, addig a párizsi CNIT kiállítási csarnok kettős vasbeton kupolája mindössze három ponton támaszkodik és kétszer hat és fél centiméteres héjvastagság mellett a támaszok közti távolság 218 méter. Ezek a beszédes számok híven tükrözik a vasbeton-technika lehetőségeit és az új anyag új arányait. Gropius munkásságának elve és megvalósítása megfelel a racionális vasbeton-építészet térhódításának.

Erdemes ebből a szempontból újraolvasnunk Walter Gropius magyarul éppen a *Korunk* hasábjain 1928-ban *Új házépítő technika* cím alatt megjelent tanulmányát, melynek átvétele egy német folyóiratból (olyan időben, amikor szerzőjét még nem értették meg, sőt gúnyolták) Gaál Gábor sokoldalú, modern tájékozottságát és előrelátását dicséri. A dessau-i mester itt írja, hogy „a jövőben nagy szerepet fog játszani az ún. vázépítő technika... vasváz viseli a tetőterhet s a váz közei izoláló anyaggal töltetnek ki... S az üveg, amelynek eddig alig jutott szerep az építésben, egyike a legalkalmasabb építőanyagoknak. Ma már technikailag semmi akadály sincs annak, hogy több emeletes épület tisztán üvegfalakkal építsünk fel... Vége a sötét, homályos szögleteknek, a baktériumok legjobb tanyáinak“.

Amikor Gropius ezeket leírta, valójában már két meglévő — Adolf Meyerrel közös — térbeli alkotásával bizonyíthatja igazát. Az első, a Fagus-művek 1911-ben Alfeld an der Leineban emelt kaptafa-műhelye, az egyetlen funkcionálisan megfelelő, egy „kubusz“-ba tömörített, kristálytisza üvegfalal („függönyfal“) vázszerkezetű épület. A főcél a fény, mely egészséges, higiénikus munkakörülményeket teremt, és ezt a vázszerkezet logikus alkalmazása teszi lehetővé. A födémekek terhet a pillérek viselik, s a közből maradt felületet üveggel lehet megépíteni. Ebben az esetben az üvegfal még a tartópillér síkjában van. A második, 1914-ben elkészült épület a kölni Werkbund kiállítás-, iroda- és üzemépülete. Gropius a függönyfalat itt a lépcsőháznál alkalmazza, görbe, mozgalmatlan felületen úgy, hogy a külső támpillérek eltűnnek és a tiszta üvegfelület marad. Szerkezeti logikája az, hogy a terhet egy központi mag viseli: konzolosan állnak ki belőle a lépcsőfokok, amelyek könnyedén elbírnák a vékony, terhet nem viselő üvegfalat. A funkció, az anyag és a szerkezet egyszerű, tiszta, tárgyias, racionális formához vezetett.

A szokottnál jóval nagyobb üvegfelületeket Frank Lloyd Wright is alkalmazott Amerikában de családi házaknál, és nem szerkezeti szükségből, hanem a

tájba olvadás végett. Ezzel szemben a későbbi tiszta üveg toronyház nagymestere Ludwig Mies van der Rohe lett (ő volt a Bauhaus utolsó igazgatója Berlinben, s ugyancsak tavaly halt meg). Gropius „abszolút“ újítása csak ipari épületen jöhetett létre, ahol kötetlenebbek voltak a konvenciók s az építészet divatja egyrészt még nem ért odáig, másrészt le is nézte a témát, és nem törődött vele. Ma már mindenki tisztában van azzal, hogy az ipari negyed is városnegyed, és annak is szépnek kell lennie, már csak azért is, mert a kellemes környezet emeli a munka termelékenységét.

### *Az üveg és a beton nyelvén*

Folytassuk a Gropius-idézést az 1928-as *Korunk*-cikkből: „Míg a gép- és elektrotechnika egy fél évszázad óta állandó fejlődésben van, addig a házipítés technikája egészen a legutóbbi évekig csaknem teljesen ugyanaz maradt, ami évszázadok előtt volt... ugyanúgy építünk még ma is, mint nagyapáink.“ Vigyázat: „...csak a hanyatló korok tetszelegnek sajátos, egyéni alkotó erő híján különböző elmúlt korok epigonszerű utánzásában. Ilyen kor van mögöttünk; házaink a világ összes stílusait mutatják, csak a mi saját stílusunkat nem.“ De: „Már lehet látni, hogy a téglá és a fa mellé egészen új építőanyagok fognak lépni... túlnyomólag a beton.“

A dessai Bauhaus épület-komplexuma még az idézett sorok megfogalmazása előtt épült úgy, ahogyan ma az egész világ épít: a vasbeton és az üveg nyelvén. Jellemzői közül a legelső a formanyelv egysége, mely egyrészt a következetes anyaghasználatban, másrészt a főhomlokzat eltűnésében, illetve mindegyik homlokzat egyformán igényes kiképzésében nyilvánul meg. Az építészet művészet, ezért alkotásainak körüljárhatóknak kell lenniük (hogy a térben érzékelhetővé váljanak), s ez megköveteli a homlokzatok egyenlőségét, egységes kidolgozását, ami persze nem öncélú, hanem minden esetben a belső tartalomból (létrehozó igény, anyag és szerkezet, funkció) ered. Az az igény, hogy az épület különálló legyen, nem csupán formaszükséglet, sőt elsősorban nem az, hanem azoknak a természeti tényezőknek a biztosítására hivatott, amelyekben maga az élet kialakult, és amelyekre az életnek állandó szüksége van (levegő, fény, növényzet). Végeredményben ez okból szükséges a különböző funkciók szétválasztása egyetlen épület-komplexum esetében is. A szétválasztás nemcsak minden helyiség közvetlen kapcsolatát teszi lehetővé a külvilággal, hanem megkülönböztetetten rendezi is ezt a kapcsolatot.

A dessai Bauhaus-komplexum esetében például a műhely-tantermek különböztöttek alkotnak, és függönyfalasok. Mit biztosít ez? Elsősorban kellő fény mennyiséget a nagyobb méretű műhelynek, még ha az üvegfalak nagyobb hővesztéssel járnak is. Ne felejtjük el, hogy fizikai munka esetében a szükséges hőmérséklet különben is kisebb, és a műhely nem egész napi, hanem csak nappali használatra szolgál. Más a helyzet a másik tömbben elhelyezett lakó-műtermek esetében. Itt nagyobb hőmérsékletre van szükség, és mivel huszonnégyórás használatról van szó, a külső falak nagyobb „hőtartó“ képessége kívánatos, hogy gazdaságosabb legyen az „üzemeltetés“. A tiszta üvegfalat itt már logikusan lehet nagy ablakkal helyettesíteni, eleget téve a hő és a fény követelményének. Mindkét említett tömb háromszintes. Tegyük hozzá, hogy azóta már világméreteket öltött a nappali használatú munkahelyek — így az irodaházak — tiszta üveg-függönyfalas, nemkülönben a teljes napi használatú lakások nagyablakos, külső szigetelőfalas megoldása. A harmadik épülettömb vagy funkcionális egység a Bauhaus igazgatóságának és admi-

nisztrációjának a részlege. Ez az első szinten áttört, vagyis beépítetlen lévén, lábakra támaszkodik s a két felsőbb szint magasságában köti össze a műhely-tantermek és a lakó-műtermek említett tömbjeit. E hídszerű részleg belső beosztása: a nyugati oldalon üveg-függönyfalas folyosó, a keleti oldalon nagyablakos irodák. A negyedik és ötödik különálló épületrész a műhely-tantermekhez csatlakozik, itt vannak az előadótermek. Az összekötő negyedik rész egyszintes, az ötödik magasabb: ötszintes tömb. A részlegek szétválasztása napfényt, levegőt, szabad kilátást nyújt, a csatlások pedig funkcionális és térbeli egységet biztosítanak. Jól megfigyelhető, hogy a szétválasztás tömbökre funkciók szerint (Gropius ezt az elvet következetesen alkalmazta egész életében!) lehetővé tette a szabad alaprajzi kiképzést és a sokféle kapcsolatot a környező természettel.

Gropius írja (ugyanasak az említett *Korunk*-cikkből): „Építeni annyit jelent, mint életfolyamatokat alakítani. Egy ház szerkezetét a benne lejátszódó folyamatok menete határozza meg.“ Ezeknek az elveknek felel meg például az is, hogy Dessauban a diákok lakó-műtermekben éltek és dolgoztak, és ugyanebben a tömbben könyvkereskedés is rendelkezésükre állt. Ez a térbeli szervezés is „életfolyamatokat“ alakított ki. Érdemes a folyamatok szempontjából megítélni a hídszerű igazgatósági és adminisztrációs rész jelentőségét és elhelyezését is. Egyszer: központisége révén nagyon könnyen elérhető minden pontból (és fordítva is). De ezzel még nem mondtunk el róla mindent. Ha nem lábakon, hanem a föld színén állna, az anyagi funkcionálnak éppúgy megfelelné, s mégis, az épület sokat veszítené. Hogy miből? „Szellemi“ funkciójából és szimbolikus „mondandójából“. Mert azáltal, hogy alul áttört és megemelt, egyben körüljárhatókká válnak a komplexum részei, azaz a különböző szerepet betöltő egységek nyújtotta élményanyag nagyobb, térszerűbb.

Mindezen túlmenően (s ez már szubjektív vélemény) az így létrejött egység a Bauhaus pedagógiai gyakorlatát is jelképezi: dacot a meg nem értő környezettel szemben, az iskola kiharcolt függetlenségét! Az iskola vezetőségét magában foglaló „híd“ nem is érintkezik közvetlenül a külső környezettel, hanem a diákok és tanárok műhelymunkájára (műhely-tantermek tömbje) és a szívvel-lélekkel munkájuknak élő tanulóira (lakó-műtermek tömbje) „támaszkodik“. A Bauhaus pedagógiájának műhelygyakorlatát már ismerjük, azt is, hogy Weimarból a támadások üldözték Dessaubá az iskolát, sőt azt is, hogy abban az időben az iskola saját munkájával tartotta el magát\*.

#### *A gépi megoldás humánuma*

Gropius nagysága mégis a növekvő lakáskérdés méreteinek a felismerésében és az egyedül helyes irányvonal megszabásában keresendő. Erről legtöbbször mondanak saját szavai: „A civilizált emberiség legnagyobb részének ugyanazok a lakás- és életszükségletei. Az emberi lakóház tehát »tömegszükséglet« dolga; mint ahogyan az emberek 90%-ának ma eszébe sem jut többé, hogy lábbelijét mérték után készíttesse, hanem kész gyári cipőt vesz, mely a kifinomodott gyártási technika folytán a legtöbb egyéni szükségletnek eleget tud tenni, éppen úgy a jövőben az egyes ember a neki megfelelő »lakást is raktárból fogja megrendelni«... Mint ahogyan egy ipar által sok példányban termelt tárgy, egy árucikk alakját számtalan rendszeresen végzett kísérletnek köszöni, éppen úgy »tipikus épületrészek ipari előállítására« is csak a művészi, technikai és gazdasági élet tényezőinek nagyvonalú kooperációja útján

\* Lásd Bleyer György: *Az ötvenéves Bauhaus. Korunk*, 1969. 5.

lehetséges... erős kultúrájú korok a környezet dolgait tipikusan formálták... A tipizálás önmagában nem akadály a kulturális fejlődésnek... A legjobb kiválasztást jelenti... semmi veszélye sincs... ha az egyéni változatok lehetőségét megadja... S ahogy a sablont elkerüljük, nem az egész épületet fogjuk tipizálni, hanem annak csak egyes alkatrészeit, amelyekből azután különböző épületek állíthatók össze, éppen úgy, mint az építészekrényből.“

Ehhez már nem szükséges kommentár. Maga Gropius is modellé vált lakóházat tervezett a céllal, hogy mindenkinek fényt, levegőt, zöldet nyújtson olyan építészeti formában, amely gépi úton is előállítható. Innen a sík felületek sokszor ismétlődő geometriai formája, ami nem fantáziátlan, hanem a leghumánusabb megoldás keresése. Ez a különbség közte és számtalan nagytehetségű építész-művész közt, aki nem tudta vagy nem tartotta elég fontosnak felmérni a valóságot, fantáziájával túllépte azt, és haszna ezért egyelőre csak műtörténeti. Antonio Sant'Elia futurista várostervei, Kazimir Malevics architektonái, Antonio Gaudi plasztikus épületei, Vlagyimir Tatlin III. Internacionálé-emlékműve, Eliezer Lisszickij felhővasalója, Erich Mendelsohn Einstein-tornya egyszer még nagy előddé válik, ha csak bizonyos értelemben máris nem az, de a közelmúltban és még ma is elsősorban Gropiusra volt és van szükség, akinek egyik legkorábbi, modellé vált lakónegyede az 1928-ban épített simmenstadti lakótelep Berlinben.

Az elmondottakból szűrjük le Gropius szerintünk legfontosabb építészeti elveit, melyeket egy életen át következetesen követett és vallott:

1. Egységes formanyelv, mely szerint minden homlokzat egyenlő.
2. Az épülettömbök belső funkció szerint történő megkülönböztetése.
3. Modern anyagok (vasbeton, üveg) alkalmazása, melynél a tartószerkezet elválik a hézagtöltő „szerkezetektől“.
4. Nagyfokú előregyártás (lakóházak esetében), sok elemből, számtalan változat lehetőségével.
5. Prototípusok kidolgozása a művészi, technikai, gazdasági élet tényezőinek nagyvonalú kooperációja útján, melynek alapja a közös alkotó tevékenység („teamwork“).

Mielőtt Gropius amerikai tevékenységéről beszélnénk, említsük meg, hogy közbeeső angliai tartózkodásának legjelentősebb alkotása ugyancsak iskolaépület, amely azóta is állandóan felhasznált prototípus: földszintes, üvegfalás, zöldbe helyezett. 1937-ben meghívják az amerikai Cambridge városában működő Harvard Egyetem professzori székébe, s mint az építészeti fakultás vezetője, a második világháború végén Konrad Wachsmann, az acél térrácsok jeles mestere társaságában alkot egy házmodellt, amely Kaliforniában nagy szériában terjed el. 1945-től haláláig, közel huszonöt éven át, a fiatal építészekből alakított TAC-kollektívában dolgozik („The Architect's Collaborative“), saját életével példázva az építészeti alkotás mai szükséges formájáról vallott elvét: „Kétségtelen, hogy az alkotó szikra mindig az egyénben születik, de ha szoros együttműködésben dolgozik, teremt a többiekkel, kitéve magát ezek ösztökélő és kihívó kritikájának, saját munkája sokkal gyorsabban érlelődik ki“ (Idézi Michael Middleton: *Group practice in design*. London, 1967. 277). Szerinte — s ez időtálló igazság — ma az építész összekötő kapocs a technika különböző területein működők között, s koordináló munkájával az alkotás egységét teszi lehetővé.

A TAC „teamwork“-ja mintaadó a közös munka számára: résztvevői kortól, eredményektől függetlenül egyenlők (Gropius neve mindig abc-sor szerint szere-



pelt, s mind egyformán részesedtek a jövedelemből), kötelesek a többiek véleményét meghallgatni, de nem kötelező annak elfogadása. Ezzel a módszerrel érvényesül legjobban a közösség „kihívó kritikája“ és megmarad a közösségben dolgozó egyén döntési szabadsága, azaz személyiségének akadálytalan érvényesülési lehetősége.

\*

Gropius munkássága szervesen illeszkedik be az építészet történeti fejlődésébe. Az eklektika történelmi stílusokat utánoz, zavaros egyveleget hozott létre a századfordulón, díszhomlokzatokban gondolkodott. A szecesszió már az új keresése, többnyire a régi anyagokkal, de már funkcionális megfontolásokkal és újfajta díszítéssel. Európában Henry van der Velde már Gropius előtt célszerűséget, anyagszerűséget és higiénit követelt, s felállította a tételt, hogy a tökéletesen hasznos tárgy, amelyet racionális és következetes szerkesztési elv nyomán alkotnak, már teljesíti is a „szépség“ első feltételét... A világ első tiszta vas- és üvegépületét már Josef Paxton építette 1851-ben Londonban (Kristálypalota), az első vasbeton vázszerkezetű épületet François Hennebique emelte 1892-ben Párizsban, s századunk elején szaporodnak az úttörő értékű előrejelzések: a vasbetonra jellemző első alakítás 1903-ban a párizsi Auguste Perre érdeme, s Adolf Loos bécsi Steiner-háza már teljesen lemond a díszítésről, üvegezett meg zárt felületek harmóniájára törekedve. Gropius művészetében bontakozik ki teljes skálájával ez a törekvés, véget vetve az eklekticizmusnak és a szecessziónak, de e művészet időszerűsége elsősorban annak köszönhető, hogy Gropius „jóslatai“ gyakorlatilag beteljesedtek: a funkcionalizmus ma az architektúra legjelentősebb tényezője, az új házépítő technika olyan, mint amilyenek Gropius a régi *Korunk* közölte cikkében leírta.

Nem beszéltünk Le Corbusier építőművészetéről, mert nem a gropiusi értelemben funkcionalista, még ha számtalan esetben, más logikai úton hasonló eredményekre és jelentőségre jutott is. Ő az építészeti formát nemcsak „belülről kifelé“ alakította, hanem a „belülről kifelé“ és a „kívülről befelé“ elveinek kölcsönhatása alapján, azzal a megfontolással, hogy a független alaprajz megköveteli a homlokzat ugyancsak szabad kezelését, mégpedig a vasbeton tartószerkezet „belejátszása“ nélkül. A modern építészetben belül jelentkező differenciáltság természetesen csak növeli az egyes személyiségek értékeit.

Gropiusról azért kellett beszélnünk (röviddel halála után), mert műve élő s minden modern ember környezetét ma is állandóan alakítja.

Balogh Ferenc

## A levegő kemizálása

Mielőtt rátérnénk a nitrogénipar időszerű kérdésére, beszéljünk előbb atmoszféra és bioszféra kölcsönhatásáról.

Közhely, hogy levegő nélkül nem volna élet a Földön. Kevésbé ismert, de éppen annyira helytálló tény: élet nélkül levegő sem lett volna (értvén levegőn azt a meghatározott összetételű gázegyet, amely a Földet ma körülveszi). Itt jegyezzük meg, hogy a Föld és az élet hiteles „életrajza“ nem teljesen tisztázott kérdés. Számos, egymásnak többé-kevésbé ellentmondó elmélet hívei igyekeznek bizonygatni vélt



igazukat. Jelen cikk föld- és élettörténeti jellegű megállapításaihoz Firsoff és Gamow kritikai összefoglalásai szolgáltak alapul (A. V. Firsoff: *Life Beyond the Earth*. London, 1963; G. Gamow: *O planetă numită Pământ*. București, 1968).

A fiatal Föld gázburkának fő összetevői hidrogén, hélium és a nehezebb nemesgázok (argon, kripton) voltak. Figyelembe véve a bolygón egykor uralkodó igen magas hőmérsékletet (1500—2000°C, esetleg még ennél is sokkal több) és az aránylag gyenge gravitációt, valószínű, hogy ez a gázburkok nagyrésztben elszivárgott a világűrbe. Különösen vonatkozik ez a nemesgázokra, amelyek kémiaiilag nem kötődhetnek meg; ezzel magyarázható ritkaságuk ma a Földön, annak ellenére, hogy a Kozmoszban arányuk jelentős. A hidrogén egy része viszont megkötődött, és a „második atmoszféra” főképpen a hidrogén legstabilabb gézemű vegyületeiből állott: metánból és magasabb szénhidrogénekből, vízgőzből, ammóniából, kénhidrogénből és foszfinokból. Ez az összetétele a mai Jupiter légkörének, annyi különbséggel, hogy a sokkal nagyobb bolygó gravitációja jelentős mennyiségű szabad hidrogént és héliumot tartott vissza. A Föld második atmoszférájának legfőbb sajátossága, hogy nem tartalmazott molekuláris oxigént.

Egy egész sor tényező korrodálta ezt a „levegőt”. A világűrből érkező sugárzás, a Föld — a mainál több nagyságrenddel intenzívebb — radioktivitása, a magas hőmérséklet és a félelmetes elektromos kisülések hatására a víz, ammónia és metán alkotórészeire bomlott. A vízbomlásból keletkezett szabad hidroxil-gyökök oxidációs folyamatokat indítottak el, amelyekben az atmoszféra összes komponense részt vett. Képletesen szólva, a második atmoszféra „rozsdásodott”. Ebben a gázelegyben kezdődött el az élet alapját alkotó szerves vegyületek szintézise. Hasonló folyamatokat sikerült laboratóriumban is előidézni, és ma biztosan tudjuk, hogy metánból, ammóniából, vízből, széndioxidból és egyéb egyszerű szerves anyagokból az élő szervezetek összes fontos molekuláris építőköve előállítható (aminosavak, cukrok, nitrogénbázisok), olyan elemi hatások alatt, mint hó, ultraibolya-sugárzás, villamos kisülések és radioaktivitás.

A nagy molekulásúlyuk miatt a Föld felszínére szálló szerves vegyületek az ott talált új vegyi környezet hatására további reakciókba sodródtak, melyek során egyre bonyolultabb molekulák keletkeztek. Így idővel létrejött az úgynevezett élő anyag, majd az első elkülönült élő szervezetek. Az élőlények folytatták az atmoszféra korrózióját. Mindmáig fennmaradtak mikroorganizmusok, amelyek kénhidrogénnel, szénhidrogénekkal, vagy ammóniával táplálkoznak, e vegyületek valamelyikének exoterm bontásából kapják a működésükhöz szükséges energiát. Valamikor az ammónia „égetése” elterjedt folyamat lehetett a bioszférában, feltehetően ebből keletkezett a mai levegő 80%-át alkotó molekuláris nitrogén. Az atmoszféra és bioszféra kölcsönhatását megtestesítő másik fontos folyamat a fotoszintézis, amelynek során a napsugárzás hatására a széndioxid vízzel reagál, szénhidrátokat alkotva és molekuláris oxigént téve szabaddá. Ez a folyamat kezdetben az atmoszférában ment végbe, a rövidhullámú ultraibolya-sugarak hatására. Mihelyt azonban az így szabaddá tett oxigén felhalmozódott, az atmoszferikus fotoszintézis önmagát oltotta ki: a magaslégtérben egy oxigén—ozon öv keletkezett, amely elnyeli a rövid hullámhosszú ultraibolya-sugarakat. Cukoréhségében a bioszféra mégis átmentette a fotoszintézist: kiépített egy erre szolgáló sajátos mechanizmust; a növényi testben olyan festékanyagok alakultak ki (mint például a klorofill), amelyek a földfelszínig elhatoló fénysugarak segítségével képesek vízből és széndioxidból cukrokat előállítani. A keletkezett oxigén továbbra is a légkörbe került, és úgy vélik, hogy a mai levegő oxigéntartalma teljesen a bioszféra terméke.

Ilyképpen a bioszféra teljesen megváltoztatta az atmoszférát, az új atmoszférában viszont csak egy megváltozott, új bioszféra volt képes megélni. A fotoszintézis fennmaradt, mivel ellentétes folyamatai, a különböző oxidációk egyensúlyban tarthatták a levegő széndioxid-tartalmát. Az ammónia viszont egy idő múlva annyira elfogyott, hogy mint energiaforrás egy nagytömegű bioszféra számára szóba sem jöhetett. Az ammónia-égető szervezetek gyakorlatilag kivették, vagy más fűtőanyagra álltak át. Később már a fehérjék felépítéséhez szükséges nitrogént sem lehetett ammónia formájában a levegőben fellelni. Az élőlények kénytelenek voltak a felszín alatti nitrogéntartalmú ásványokhoz folyamodni. Ez a gyér forrás gyorsan apadt, és ekkor megjelent az egykor oly intenzíven művelt ammónia-égetés ellentéte: olyan mikroorganizmusok fejlődtek ki, amelyek a levegő molekuláris nitrogénjét nyelik el és építik fehérjeikbe. Manapság számos nitrogénnyelő algát és baktériumot ismernek. Egyesek egymagukban végzik a nitrogén kemizálását, mások bizonyos növényekkel szimbiózisban. Mint az elmondottakból következik, a nitrogénnyelés viszonylag újkeletű biológiai folyamat és csak a parancsoló szükség szülte. Erre mutat az a tapasztalat, hogy a szabad nitrogén megkötésére képes szervezetek megkötött nitrogénben gazdag táptalajon abbahagyják fáradságosabb mesterségüket és boldogan fogyasztják a kötött nitrogént.

Osszegezve: a bioszféra az atmoszférában született, és fejlődése során állandó kölcsönhatásban maradt vele. E kölcsönhatás döntő szerepet játszott a mai élővilág és légkör kialakításában. A bioszféra ma is mérhetetlen mennyiséget köt meg — műszaki szóval kemizál — a levegő fő alkotórészeiből: nitrogénből, oxigénből és széndioxidból. A folyamat nem egyoldalú, az elnyelt gázmennyiség legnagyobb része az élőlények anyagcseréje és pusztulása folytán visszakerül a levegőbe.

\*

A technológiának nélkülözhetetlen nyersanyaga a levegő. Az ipar és általában a civilizáció elképzelhetetlen a levegő oxigénjét igénylő égési folyamatok nélkül. Az oxigén technológiai felhasználása általában minden nehézség nélkül egyenesen az atmoszférából történik.

Egész más a helyzet a nitrogénnel. A számtalan vegyipari termék (műtrágyák, műanyagok, gyógyszerek, növényvédő anyagok, robbanóanyagok) alkotórészét képező elem kemizálása nagyon problematikus. Az egyetlen számottevő ásványi nitrogénforrás a kétségbeejtően ritka salétrom. Egészen századunk elejéig a világ nitrogénipara a chilei salétromtól függött. A helyzet valóban bosszantó volt, hiszen a Föld valóságos nitrogén-óceánban úszik. A nitrogénmolekula azonban átkozottul nemes, és a reakcióba vitelére világszerte folytatott kísérletek sikertelenek maradtak. A század kezdetén a nitrogén problémája szinte létkérdéssé éleződött Németországban. A militarista köröknek, Vilmos császárnak háborús tervei voltak, melyekhez rengeteg hadianyag, vagyis kötött nitrogén (salétromsav és kálisalétrom) kellett. A német hadiipar teljesen a chilei salétrom-importtól függött; egy könnyűszerrel megvalósítható angol tengeri blokád ilyenformán azonnali csúfos csődbe taszította volna a német hadigépezetet. A német ipart már ezt megelőzően is többször húzták ki különböző nyersanyag-kátyúiból kiváló vegyészei; a német nemzeti büszkeség szerves tartozéka volt a bizakodás abban, hogy a „dolgok természeténél fogva felsőbbrendű“ német tudós, ha kell, fából is fog vaskarikát csinálni. És a német tudósok ezúttal sem okoztak csalódást: Fritz Haber 1909-ben a levegő nitrogénjéből ammóniát állított elő, és ezzel megnyitotta az utat az atmoszferikus nitrogén nagyipari kemizálásához. Két-három évre rá a német nitrogénipar függetlennek mondhatta magát a chilei salétromtól. Meglett a fából vaskarika. Ennek ellenére a német

imperializmus elvesztette a háborút, és tapasztalatából a későbbi kardesörtetők mit sem okultak.

De térjünk vissza a Haber-eljáráshoz: a nitrogéniparban mindmáig domináns művelet a levegő nitrogénjét hidrogénezi magas hőmérsékleten és nagy nyomáson. A siker kulcsa egy vas katalizátor, amely akkor a leghatásosabb, ha molibdént is tartalmaz. A Haber-módszer révén a világ ammóniatermelése óriási méreteket öltött; ma csak a romániai termelés mintegy félmillió tonna évente. A Haber-ammóniából készül az összes többi nitrogénszármazék.

Tévedés volna azt hinni, hogy a művelet egyszerű. Ha a nyersanyagként használt hidrogén—nitrogén-elegy minimális szennyeződésekkel tartalmaz, a katalizátor hamar elveszti aktivitását. A szélsőséges paramétereken (300°C és 300—800 atm) dolgozó berendezés bonyolult, költséges, és üzemeltetése veszélyes. Egy ammónia-üzem robbanása — és a szomorú tapasztalat azt mutatja, hogy ez minden elővigyázat mellett előfordul — akkora pusztítást végez, mint egy bombatámadás.

Számos ipari műveletben használnak tiszta nitrogént (részben a Haber-féle ammónia nyersanyagaként is). A tiszta nitrogén ipari méretű kivonása a levegőből ugyanúgy „rázós” művelet; cseppfolyósítás és frakcionált desztilláció útján történik, —180°C-on és nagy nyomáson. Keserves és költséges dolog komplex berendezések üzemeltetése ilyen körülmények között. A fő baj azonban az óriási energiafogyasztás: ezekben a titáni hűtőgépekben 1 kWó villamosenergia csak tíz köbméter levegő cseppfolyósításához elég, évente a világon viszont tízmilliárd köbmétereket dolgoznak fel. Energiaéhes korunkban a probléma kezd súlyossá válni: fékezi a műtrágyatermelés megkívánt növekedési ritmusát.

Az elmondottakból nyilvánvaló, mennyire szükséges és fontos lenne megfelelő alternatívákat találni az atmoszferikus nitrogén kivonására és kemizálására. Nem is hiányoztak az ilyen irányú próbálkozások, de konkrét eredmények csak a legutóbbi években mutatkoztak.

\*

A nitrogénipar forradalmasítását célzó kutatások egyik fő iránya a nitrogén biológiai megkötésének tanulmányozása volt.

Ugyanis bőven van mit tanulni az egysejtűektől. A mikroorganizmusok a nitrogén megkötéséhez nem igényelnek magas nyomást vagy hőmérsékletet, sem rendkívül tiszta nitrogént: nyersanyagukat egyenesen az atmoszférából veszik, és olyan mennyiségű nitrogént kemizálnak fehérjévé, amihez képest az ember nitrogéniparának termelése elenyészően csekély. (Ennek megfelelően a mai fejlettnak mondott mezőgazdaság körülményei között még mindig sokkal több nitrogén jut a talajba biológiai úton, mint műtrágya formájában.)

A biológiai folyamat behatóbb tanulmányozása nagy meglepetést keltett: a mikroorganizmusok, mielőtt fehérjéikbe beépítenék, a nitrogént fématomokhoz rögzítik és ammóniává hidrogénezik. Sőt, a folyamatban vitális szerepet játszó két fématom közül az egyik vas, a másik molibdén. A Haber-patent jog szerint az egysejtűek tulajdona; a feltalálás elsőbbségét nehéz volna a bacilusoktól elvitatni.

A különbség — és egyben a biológiai módszer felsőbbsege — abban áll, hogy a technológiai eljárás képtelen a nitrogénmolekula nemességét megtörendő energiát molekuláris szinten szolgáltatni, mint azt a biokémiai folyamatot katalizáló enzimszisztem teszi. Ezt az impotenciát pótolják az ipari eljárásban használt szélsőséges reakciókörülmények; a nagy nyomás és magas hőmérséklet funkciója valójában makroszkopikus külső kényszer a reakció kierőszakolására.

Az ismereteknek e fokán világossá vált, hogy a siker záloga egy olyan kémiai szisztem volna, amely a nitrogénmolekulát rögzíteni képes és egyidejűleg egy elég

erős potenciálú redukciós tényezőt tartalmaz a lekötött nitrogén hidrogénezésére. A további kutatások tehát a hidrogénező hatású fémvegyületek kipróbálása felé orientálódtak. Először egy szovjet kutatócsoportnak sikerült (1966-ban) szerves fémvegyületeket tartalmazó oldatokban nitrogén gázt elnyeletni. Ha a „nitrogénezett“ oldatot vízzel kezelték, ammónia szabadult fel. Ez az első siker a kutatások „láncreakcióját“ indította el. Hamarosan számos hasonló nitrogén-elnyelő rendszert fedeztek fel különböző országokban. Az elnyeletéshez szükséges nyomást sikerült egyre csökkenteni, és a legújabb kompozíciók már szobahőmérsékleten és atmoszferikus nyomáson is elnyelik az oldaton áthajtott nitrogént. Az elnyelt nitrogén az oldat melegítése vagy más gáz bevezetése révén visszanyerhető, vagy pedig közönséges kémiai módszerekkel ammóniává hidrogénezhető (a szabad nitrogén természetesen minden klasszikus hidrogénező eleggyel szemben közömbös).

Egy legújabb, titán-vegyületeken alapuló rendszer végül is joggal nevezhető a megálmodott új típusú ammóniagyár modelljének. Ennek az oldatnak figyelemre méltó képessége van: a rajta szobahőmérsékleten és atmoszferikus nyomáson átbuborékoltatott levegőből szelektíven fogyasztja a nitrogént, és azonnal ammóniává hidrogénezzi. Az így képzett ammónia a rendszert elhagyó gázelegyből könnyűszerrel kinyerhető. Idővel az oldatban tartalmazott hidrogénező faktor kimerül, de pótlása után az ammóniafejlődés újrakezdődik. A végbemenő folyamat rendkívüliségét kis utánagondolás azonnal világossá teszi: a levegő kb. 20% oxigént tartalmaz, amely közismerten aktív oxidációs tényező. Ennek ellenére az oldat a kémiaiilag nagyon is közömbösnek ismert nitrogénnel reagál, a végbemenő hidrogénezés pedig egy tipikus redukciós folyamat: az oxidáció szöges ellentéte oxigén jelenlétében. Erre mindeddig csak az egysejtűek voltak képesek.

A nitrogénnyelő oldatok behatóbb fizikai-kémiai tanulmányozása bebizonyította, hogy a molekuláris nitrogén az oldatban tartalmazott fématomokhoz kötődik, szabályos, esetenként meglepően stabil vegyületeket kepezve. A hidrogénezési reakcióban a nitrogénvegyületek vesznek részt. A legújabb kutatások a molekuláris nitrogén nagyszámú fémvegyületét fedezték fel. Ideje volna a nitrogén „nemeslevelét“ (a gáz vegyi közömbösségét posztuláló kémiai dogmát) revízió alá venni.

A ma ismert kémiai nitrogénnyelő rendszerekben kulcsszerepet játszó fémek száma elég tekintélyes. Egyik rendszer sem tartalmaz azonban vasat vagy molibdént. Feltételezhető-e, hogy a nitrogén biológiai kemizálását végző fémek normális nyomáson és hőmérsékleten csak a megfelelő biokatalizátor-rendszer keretében aktívak? Mindenesetre levonható az a bionikai jellegű következtetés, hogy nem okvetlenül szükséges a természetben bevált módszer szolgálai reprodukálását erőltetni. A biokémiai folyamat tanulmányozása csak az általános irányelveket adta meg a kémiai kutatásnak.

E kutatási eredmények ipari alkalmazása még a jövő feladata, és valószínűleg egyhamar nem lesz számottevő versenytársa a Haber-módszernek. Függetlenül attól, hogy az új felfedezés a kemizálás vonalán fejlettebb technikai színvonalat képvisel és alkalmazása némi kutatás árán a Haber-eljárásnál gazdaságosabb műveletet eredményezne. Az új módszerek bevezetésének egyik fő akadálya az ún. gazdasági tehetetlenség: esetünkben a világszerte működő számtalan Haber-üzem helyettesítése mindenképpen óriási fölös beruházásokat igényelne, továbbá idő előtti leszerelésük hatástalanná tenné a megépítésükre költött összegeket. Mindez nem csökkenti az új felfedezések tudományos és technológiai értékét. A várt forradalom megtörtént. Vívmányai gyümölcsöztetéséhez már csak ügyes reformok kellene.