

Olcsó és környezetbarát a vályogépítészet

Molnár Viktor
SZIF, Győr

Bevezetés

A vályognak és az agyagnak mint építőanyagoknak a fizikai és mechanikai tulajdonságait vizsgáltam, ill. ezek számszaki jellemzőit gyűjtöttem össze. Ebből kitűnik, hogy az agyag ill. a vályog legtöbb tulajdonsága (természetes környezetbe való illeszthetősége, kis előállítási és üzemeltetési energia igénye, nagy hőszigetelő és hőtároló képessége, korlátlan alakíthatósága, gazdaságossága, stb.) építési szempontból igen kedvező. Hátránya viszont vízérzékenysége, csekély szilárdsága és relatív nagy alakváltozási képessége. Fenti hiányosságok kiküszöbölésére ad lehetőséget különféle adalékanyagok vályoghoz való keverése (mész, cement, gipsz, műgyanta), valamint lehetséges mód az építmény teherbírását fa- vagy kővázasszerkezettel növelni, ill. az alakváltozásait csökkenteni.

Múlt, jelen és jövő

A *múltban* az ember - aki nem kőből, fából vagy égetett agyagtéglából épített - döngölt földalpra vályogfalat húzott, tetejét sárral tapasztott fagerendás födémrel zárta, majd az ugyancsak fa fedélszéket náddal, szalmával, esetleg zsindegyel lefedte. A padlót döngölte, tapasztotta, a falakat körbetapasztotta, majd bemeszelte, s ezzel egy jó klímájú, takarékosan fűthető, könnyen karbantartható, tartós otthont teremtett. Ha idővel el kellett bontani, az is könnyen ment, sőt a jó faanyagot és vályogot is fel lehetett újra használni.

A *mai* építőanyagok előállításához, beépítéséhez, az épület üzemeltetéséhez és fenntartásához, valamint idővel az épület elbontásához igen sok energiára és szakmunkára van szükség, és a kiváló hőszigetelő, de gyenge hőtárolóképességű falak még nem is biztosítanak egyetlenes lakásklimát.

A *jövő* építési szemléletmódjának a múlt és a jelen tapasztalataira támaszkodva az

- ökonómiára (ésszerű takarékosságra) és az
- ökológiára (az élő szervezet és a környezet kölcsönhatására) kell épülnie.

Ezért szükséges, hogy olyan építmények szülessenek, amelyek:

- egészséges életmódot nyújtanak,
- nagyrészt természetes helyi anyagokból épülnek,
- a környezetükbe harmonikusan illeszkednek,
- hasznosítják a megújuló energiaforrásokat,
- a lehető legkevesebb hulladékot és égéstermékot bocsátják ki előállításuk, üzemeltetésük és szanalásuk során,
- a legnagyobb "sajátmunka" befektetést teszik lehetővé.

Ezen célok eléréséhez környezetkímélő anyagokat és technológiákat kell alkalmazni.

A vályog történeti áttekintése

A vályogot mint építőanyagot már az ókorban is alkalmazták. Marcus Vitruvius (i.e. 80-10) a "De architectura libri decem" [1] c. 10 kötetes művében mint teljes értékű építőanyaggal foglalkozik a vályoggal és egy teljes kötetet szentel a vályogépítéssel kapcsolatos ismereteknek. Pilnius G.S. (i.sz. 23-79) írásaiból tudjuk, hogy a rómaiak a csömöszölt vályogépítési módot már Krisztus előtti első században erődítmények építésére használták Dél-Európában [2]. De a vályogot Európán kívül is ismerték és alkalmazták. Az Ó-testamentumból ismeretes, hogy az egyiptomiak előszeretettel alkalmazták sás-, vagy nádrost erősítésű vert illetve vályogtégla falakat. Kultúrtörténetileg legrégebbi alkalmazásával a Kínai Nagyfalnál találkozunk. Ennek első ütemét i.e. kb. 2000 évvel ugyancsak vályogból építették. De ismerünk Afrikában núbiai, kameruni, marokkói, valamint Ázsiában jemeni, afganisztáni, iraki és iráni példákat is [3], [4], [5], [6].

Európában a középkorban Palladio Andrea (1508-1580) itáliai építész 1570-ben megjelent négy kötetes építészeti szakkönyvében foglalkozik a vályoggal mint építőanyaggal [7].

A vályogépítészet Európában éppen hazánkban élte reneszánszát, először a tatárjárás, később az ozmán hadak ellen épített magyarországi várrendszer létrehozásában [8]. A vár- és erődépítészet során jöttek később létre a kővázás ill. a kívülről kővel vagy téglával burkolt erődítményfalak. Bár ez már akkor sem volt új találmány, hiszen a Kínai Nagyfalnál is alkalmazták ezt a módszert a későbbi szakaszokon. A vályogépítészet egy másik fejlődési iránya a favázás vályogépületek, ill. a vesszőből font falakból agyagtapasztással kialakított építmények. Ezeknél a szerkezeteknél a vályognak már nem teherhordó-, csupán térelhatároló szerepe van.

Az vályogépítészet négy fő technológiai irányvonalat különböztet meg:

- monolit: csömöszölt (vert), ill rakott vályogfalas,
- előregyártott: vályogtéglás, ill. blokkos,
- vázás (fa, kő, tégl) és
- vályoghabarcsos építési módot.

Az első két technológiánál teherhordó és térelhatároló, a harmadiknál már csak térelhatároló, míg az utolsónál már csak habarcs szerepe van a vályognak.

Természetesen a vályognak is - mint minden más építőanyagnak -megvannak a maga előnyei és hátrányai.

Az agyag ill. a vályog olcsósága, könnyű fellelhetősége, kiváló hőtechnikai tulajdonságai, előállításának csekély energiaszükséglete, jó megmunkálhatósága, szinte korlátlan alakíthatósága, környezetbarát volta és egyszerű újrafelhasználhatósága miatt kerülhetett ismét az építők figyelmének, érdeklődésének középpontjába.

Hátrányaként meg kell említeni "vízérzékenységét", igen csekély húzószilárdságából adódó repedésérzékenységét, zsugorodás- és duzzadásérzékenységét, a kivitelezés "időjárás-érzékenységét", a felületi erózió veszélyét és a különböző agyagok sokféleségét. Hátránynak kell tekinteni az irodalomszegénységét, az írásos tervezési és kivitelezési tapasztalatok és a vályogra vonatkozó szabványok hiányát.

Az agyag

Az anyagszerkezeti tudomány óriási volumene és még sok tisztázatlan problémája miatt - a teljesség reménye nélkül - de szólni kell néhány szót az agyagról. Az agyagot a léghő és a víz napsugárzásból származó kinetikai és helyzeti energiája, valamint a víz kiváló

oldóképessége hozta és hozza létre a mai napig a szilárd földkéreg felső rétegeiben. Ez állandó fizikai és kémiai változásokkal jár együtt. Ezen változások a szerves anyagban, az olvadékokból képződött ásványok felszíni rétegeinek elbomlása révén - szemcseméretét és kémiai összetételét tekintve - folyton változó diszperz rendszerek, azaz agyagásványok keletkezéséhez vezetnek [9].

Az agyagásványok érdemi kutatása csak az 1930-as években indulhatott meg, a röntgensugaras vizsgálatok kifejlesztése után. Ugyanis az új vizsgálati módszerekkel kiderült, hogy az addig mintegy 250 féle, amorf szerkezetűnek tartott agyagásvány mindössze öt fő kristályos szerkezetű típusra osztható. Az agyag korszerű és rendszeres kutatása az 1950-es években, elsősorban ipari céllal - a kerámiák nyersanyagának vizsgálatával - kezdődött meg.

Az agyagásványok fizikai, kémiai és technológiai tulajdonságai sztochasztikus jellegűek, azaz csak nagyszámú vizsgálati eredmény statisztikus kiértékelése révén nyerhetők a gyakorlatban is alkalmazható eredmények.

A durvakerámia iparban képződés, ill. közettani szempontból általában négyféle vályogot különböztetnek meg, és pedig

- mállási-,
- artéri- vagy folyami-,
- moréna- vagy hordalék- és
- löszös vályogot.

Kísérletek történtek ezen kívül az oxidos kémiai analízis alapján történő vályogosztályozásra. Ezek azonban nem terjedtek el, azonkívül tudományos szempontból kifogásolhatók. A vályogok, ill. általában az agyagok technológiai felhasználhatóságát ugyanis elsősorban szemcseszerkezetük és ásványi felépítésük szabja meg. Általában a sovány löszös anyagok a legalkalmasabbak vályog építőelemek előállítására. Ezek ugyanis gyorsan és repedésmentesen száríthatók, zsugorodásuk kicsi és könnyen feldolgozható [10].

A legismertebb agyagásványok: kaolinit, montmorillonit, illit. Ezen agyagásványok különböző kristályszerkezeti felépítése befolyásolja a számunkra talán legfontosabbat, az agyag vízfelvételét és a szilárdságát. Kimutatható, hogy az agyagásványtartalommal és a röntgenamorf hányaddal a képlékenység és a hajlító-húzószilárdság lineárisan nő, azonban a zsugorodás is ami viszont már hátrányos [23].

Az agyag vizsgálatai közül a legfontosabb a kémiai analízis és a szemmegoszlás meghatározása (hidrometrálás).

Az agyag ill. a vályog -mint építőanyag - tulajdonságai

A vályog az agyag, a homok és kisebb kövek természetes keveréke, olyan mint egy természetes habarcs, amelyben az agyag a kötőanyag, a homok és a kő az adalékanyag szerepét tölti be. Az agyagkristályok természetes állapotukban erős koagulálási hajlamú hidrofób szóloknak tekinthetők, de szerkezetük hosszabb víz alatti tárolással finom diszperz rendszerre alakul, s így plasztikussá válik az agyag.

A vályognak -összehasonlítva egyéb építőanyaggal- kevés, kísérlettel is igazolt fizikai és mechanikai tulajdonsága, ill. jellemzője ismert. Ezek nincsenek szabványban rögzítve, pedig az alkalmazás során ugyanúgy szükség van a sűrűség, hajlító-húzó szilárdság, nyomószilárdság, zsugorodás, a hidrotechnikai, hőtechnikai és egyéb anyagtulajdonságok ismeretére mint a többi már ismert építőanyag esetében.

A vályog irodalomban fellelhető fizikai jellemzői a következők:

A vályog testsűrűsége, származása és víztartalma függvényében, meglehetősen széles határok között ($\rho=1750-2400 \text{ kg/m}^3$) változik (1. táblázat) [11].

1. táblázat: A vályog testsűrűsége, fajtája és víztartalma függvényében

Agyagfajták	Testsűrűség (kg/m^3)
Homokos, löszös agyag	1750
Sovány agyag	1850
Félkövér agyag	1900
Kövér agyag	2000
Nagyon kövér agyag	2200-2400

A vályog szilárdsága az agyagfajta, az adalékanyag / pl. törek / adagolása, az előkészítés és a feldolgozás függvénye. A szakirodalomban található adatok szerint a vályog nyomószilárdsága $2,0-4,0 \text{ N/mm}^2$ (2. táblázat) [12].

2. táblázat: A vályog nyomószilárdsága a testsűrűsége függvényében

Testsűrűség (kg/m^3)	Nyomószilárdság (N/mm^2)
1600	2,0
1900	3,0
2200	4,0

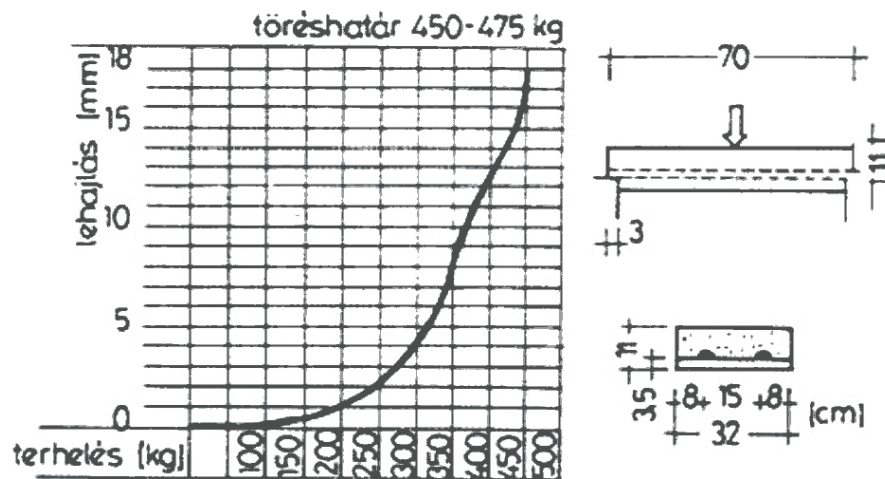
A növényi rostokkal kevert vályog nyomószilárdsága $1,75-2,5 \text{ N/mm}^2$ között változik (3. táblázat) [12, 13].

3. táblázat: Növényi rostokkal kevert vályog nyomószilárdsága

Testsűrűség (kg/m^3)	Nyomószilárdság (N/mm^2)
850	1,75
1600	2,5

Kis testsűrűségű agyagból és növényi rostokból kevert vályog nem igen alkalmas tartószerkezeti funkció betöltésére. A húzó- és a tapadószilárdság földnedves vályog esetén $0,004-0,08 \text{ N/mm}^2$. A nyíró- és a csavarószilárdság értékei a húzószilárdsági értékekhez hasonlóan kicsik. A húzó- és a nyomószilárdság aránya átlagosan 1:6.

A növényi rostokkal kevert (szálerősített) száraz vályog hajlító-húzó szilárdsága nő, így nő a terhelhetősége is. A rostok hasonlóan működnek, mint a beton vasalása. A magdeburgi egyetemen 1951-ben végzett kísérletek szerint $1,2-1,7 \text{ N/mm}^2$ -es húzó-hajlító szilárdságokat mértek szalmaszállal kevert vályog próbatesteken (1. ábra) [14].



1. ábra. Szalmával kevert vályog hajlító-húzó szilárdsága [14]

A vályog hőtechnikai tulajdonságai elsősorban a testsűrűségtől, víztartalomtól és a porozitástól függenek. A jól összekevert és tömörített vályog testsűrűsége 2000 kg/m^3 , a hővezetőképessége $\lambda=0,93 \text{ W/mK}$. A könnyű vályogé $\rho=1200 \text{ kg/m}^3$, ill. $\lambda = 0,47 \text{ W/mK}$ (4. táblázat).

4. táblázat: A vályog hővezető képessége a testsűrűség és a rostadagolás függvényében

Megnevezés	Testsűrűség (kg/m^3)	Hővezetési tényező (W/mk)
Nehéz vályog	2000	0,93
Rost erősítésű vályog	1200-1700	0,70
Könnyű vályog	1200	0,47

Az agyag fajtájának, az építmény korának és a környezet nedvességtartalmának függvényében alakul ki a vályogépítmények nedvességtartalma (5. táblázat) Ez az érték tömegszázalékban kifejezve tiszta vályog esetén 0,5-5,0%, de növényi rostokkal kevert vályog esetén 10-15%-ot is elérheti [15].

5. táblázat: A vályog nedvességtartalma a levegő nedvességtartalma függvényében

Levegő relatív nedvességtartalma (%)	7	43	75	95
Építmény nedvességtartalma (%)	0,5	2	2-3	3-5

A vályog páradiffúziós ellenállási képessége, az anyag fajtája, pórustartalma, pórus-szerkezete, sűrűsége, valamint a szemszerkezetének és konszolidációjának függvényében $\mu=2-10$ között változik, (6. táblázat) [12].

6. táblázat: A vályog páradiffúziós ellenállási tényezője a testsűrűség függvényében

Agyagfajta	Testsűrűség	μ
Ismeretlen agyag	2100	10
Nehéz anyagok	1200-2100	5-10
Könnyű agyagok	400-1200	2-5

A vályog zsugorodása az agyagtartalomtól, az agyag fajtájától és a víztartalomtól függ. Földnedves sovány agyagoknál ez 1%, "zsíros" agyagoknál a 7,5%-ot is elérheti (7. táblázat) [11]. Természetesen a zsugorodás jórészt már az építési fázisban lejátszódik, tehát ezt az építési fázisban kompenzálni lehet és kell.

7. táblázat: A vályog zsugorodása az agyagfajta függvényében

Agyagfajta	Zsugorodás (%)
Sovány agyag	1 - 2,5
Félkövér agyag	2,5 - 4,5
Kövér agyag	4,5 - 7,5

Az agyag rugalmassági modulusa a lineárisan rugalmas-tökéletesen képlékeny anyagmodellel közelíthető. A rugalmassági modulus természetesen függ az agyagtartalomtól, agyagfajtától, testsűrűségtől, tömörségtől, víztartalomtól stb. A jól tömörített, száraz, szilárd, $\rho=1700\text{kg/m}^3$ testsűrűségű vályognak a rugalmassági modulusa $E=4350\text{N/mm}^2$.

Vályogstabilizáció

Az agyag ill. a vályog tulajdonságainak javítása, illetve hátrányainak kiküszöbölése érdekében, különböző kötő- és adalékanyagokkal keverhető a vályog. A javítás célja a vályog:

- vízzel szembeni ellenálló képességének növelése,
- szilárdságának növelése,
- duzzadásának illetve zsugorodásának csökkentése,
- plaszticitásának víz nélküli növelése,
- vályogfelület időjárással, erózióval szembeni ellenállóképességének növelése.

A különböző célokat különböző adalékanyagok adagolásával lehet megvalósítani, pl. mész, cement, gipsz, kazein, tej és egyéb fehérjék, gyanták, növényi rostok stb.. Ilyen irányú kutatással számos hazai és külföldi kutató foglalkozott.

A vályogstabilizáció hazai úttörője az 50-es évek első felében Albert János és Varga Dénes volt. Stabilizálási kísérleteiket két sovány agyaggal, a rákosi kék agyaggal és a kecskeméti agyaggal végezték. Mindkettő meszes, kis agyagásvány tartalmú agyagok csoportjába tartozik, s az alkalmazható sovány agyagok alsó, ill. felső határát képviselik.

Stabilizációs kísérleteiknél szerves eredetű szálas anyagként fenyőfa-fűrészport használtak. A vízzel szembeni ellenállóképesség növelésére szervesanyagok közül bitumenemulziót és gyantaszappant, a szervetlen anyagok közül pedig építőipari meszet, cementet és mészhelyettesítő kötőanyagokat (porszénhamu) alkalmaztak. A stabilizációhoz használt mész aktív CaO tartalma 88-92%, a cement C600-as portlandcement volt. A legjobb eredményeket a 6-7% égetett mész-, ill. cement adagolással érték el. Kísérleteikhez 1,8x3,8x7,6 cm-es méretű, ill. 2,5x5,0x10 cm-es méretű laboratóriumi próbatesteket és 6,5x12,5x25,5 cm-es téglatesteket készítettek a fent leírt anyagból. A vízállósági kísérlethez a stabilizált vályogtesteket víz alá merítették. Ezek sok hetes vízalatti tárolást bírtak el úgy, hogy a testek a víz alatt is ép élűek és kemények maradtak [16]. Természetesen számos külföldi kutató is foglalkozott a vályogstabilizációval.

Mész adagolása

A mész hatása függ az agyag fajtájától, részarányától és a mész mennyiségétől:

- duzzadó agyaghoz max. 1%-os adagolásban keverve stabilizációs hatása van,
- nagy homoktartalmú agyagokhoz adagolva gyengébb minőségű mészhabarcsot nyerünk,
- egyéb esetekben óvatosságra int a szakirodalom, mert fennáll annak a veszélye, hogy porózussá, rideggé, törékennyé válik a mésztől a vályog [11].

Cement adagolása

A cement adagolásának vannak éppúgy pozitív, mint negatív tapasztalatai. A hatás függ az adagolástól, az agyag, ill. a vályog fajtájától és állapotától. Erősen homokos agyag esetén egy gyenge minőségű betonhabarcs nyerhető, tehát nő a vályog nyomószilárdsága. A kutatások sovány agyagoknál 5-8%, kövér agyagoknál 3%-körüli adagolással hoztak kedvező eredményeket. Nagy agyagtartalmú vályogoknál eredménytelen a cementadagolás. A vizsgálatok tapasztalatai szerint az optimális cementadagolás 4-8% közötti, ennél nagyobb adagolás már hatástalan marad.

A cementadagolás további előnye, hogy növelni lehet a vályog felületének időjárással szembeni ellenállóképességét.

Nagyon sovány agyagoknál kb. 15%-os cementadagolással stabilizálni lehet az agyagot, de ez már inkább a talajstabilizáció mintsem a vályogépítés körébe tartozik [17].

Gipsz adagolása

A régi vályogot utólag javítani friss vályoggal vagy agyaggal a zsugorodás miatt szinte lehetetlen. Azonban az agyaghoz 3-5% gipszet keverve oly mértékben lecsökken a zsugorodás, hogy elvégezhető lesz a javítás. Igen jók a tapasztalatok a két rész soványagyag, egy rész gipsz, egy rész mész és egy rész papírfecni összetételű javítóhabarcsról [18].

Kazein, tej és egyéb fehérjék

Kazein-enyv adagolásával javítható a vályog vízállósága és megmunkálhatósága. Kísérletek folynak Kínában 5-10% rizspaszta vályoghoz való keverésével [19], míg

Japánban kaucsuk ill. növényi olajok 2%-körüli adagolásával javítják a vályogot felületi erózió és átnedvesedés ellen [20].

Gyanták

Német kísérletek szerint forró olajban feloldott természetes gyanta 1%-os adagolásával vízállóbb és keményebb felületű agyag nyerhető [21].

Növényi rostok és egyéb szálak anyagok

Különböző szálak rostokkal növelhető a vályog húzószilárdsága, és ezzel csökkenthető a repedésérzékenysége, de tudni kell, hogy ezek csökkentik a nyomószilárdságot. Fenti céllal alkalmazhatók különböző növényi rostok pl. szalma, nád, sás, túlevél, állati eredetű haj, szőr, valamint juta, és különböző műanyagok pl. polipropilén szál, stb. [14].

Vályogszerkezetek kialakítása

Az vályogépítészet négy fő technológiai irányvonalat különböztet meg:

- monolit: csömösölt (vert), ill. rakott vályogfalas
- előregyártott: vályogtéglás, blokkos, ill. agyagpólyás vályogfalas
- vázás (fa, kő, téglák) és a
- vályoghabarcsos építési módot.

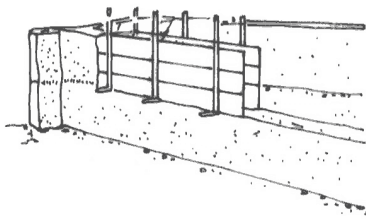
Az első két technológiánál teherhordó és térelhatároló, a harmadiknál csak térelhatároló, míg az utolsónál már csak habarcs szerepe van a vályognak.

Monolit építéstechnológiák

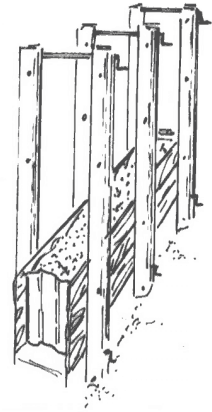
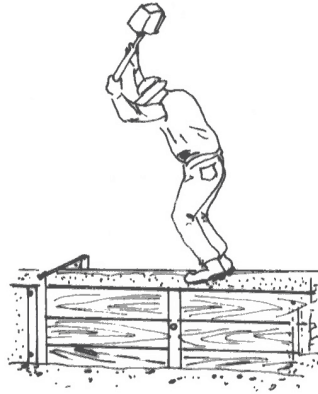
Vert falas építés

Vert fal készítése esetén a földnedves vályogot rétegenként (20-40 cm) lapátoljuk a zsaluzatba és erősen bedöngöljük. Vert falhoz az a vályog megfelelő, amely nem tartalmaz rothadó, szerves anyagot, 30 mm-nél nagyobb követ vagy kavicsot és a zsugorodása maximum $\varepsilon_{zs} = 3\%$.

A vert fal szükséges - ezt a technológiát kicsit költségessé tevő - kelléke a zsaluzat. A hagyományos zsaluzat helyett célszerű kúszózsuzatot alkalmazni (2. ábra).



hagyományos



küszözsalus

2. ábra: csömösölt (vert) vályogfalas építési mód

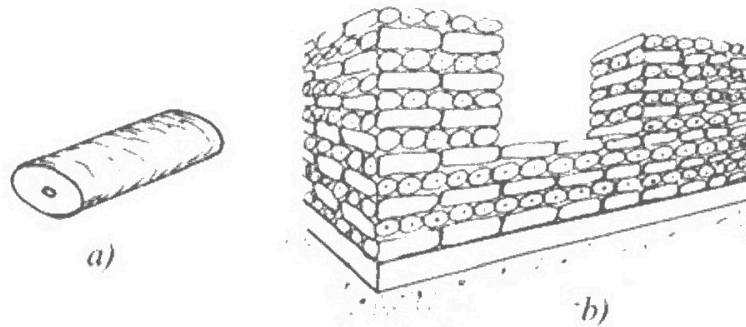
Rakott falas építési mód

A rakott fal építés szalma és vályog váltakozó egymásra helyezésével történik. Alapanyaga szerves anyagtól mentes 25 mm-nél nem nagyobb átmérőjű kő v. kavics tartalmú középkövér agyag lehet. Falrakáskor kb. 10 cm vastagon vályogot, majd a fal síkjára merőlegesen 5-8 cm vastagon szalmát terítünk. Minden réteggel körbe megyünk, így egyenletesen növekszik az épületfal a kívánt magasságig (3. ábra). A falat hagyjuk kiszáradni, majd azt éles ásóval, zsinór mentén síkra faragjuk.



3. ábra: rakott falas építési mód

A rakott falas- és az előregyártott (vályogtéglás) építési mód között átmenetet képez az agyagpólyás építéstechnológia (4. ábra).



4. ábra. Agyagpólyás építési mód
a) agyagpólya; b) agyagpólyás falrészlet

Előregyártott (vályogtéglás v. blokkos) építési mód

A vert vagy rakott falas technológia során sok vizet viszünk be a szerkezetbe. Ennek következtében a fal nehezebben szárad ki, nagyobb az ülepedése, ill. a zsugorodása.

Jóval kevesebb víz kerül a falzatba, ha olyan, már kiszáradt anyagot építünk be, amelyben a zsugorodás nagy része már lejátszódott. Előregyártott elemekkel (vályogtéglával v. blokkokkal) a falépítés a megszokott, mindenki által ismert technológiával készülhet.

Természetesen ennek az eljárásnak is megvannak a maga előnyei és hátrányai, ezek a következők:

-előnyei:

- egyenletesebb falfelületet biztosít, így kevesebb vakolatot igényel,
- nyíláskihagyás egyszerűbb, könnyebb,
- fal szilárdsága nagyobb,
- hőszigetelőképesége jobb,
- vakolatmegtartó képessége nagyobb.

-hátránya:

- munkaigényesebb

A falazáshoz képlékeny vályoghabarcs alkalmazása a legmegfelelőbb mind műszakilag, mind gazdaságilag. A megfelelő vízmennyiséggel kikevert csomómentes vályoghabarcsot célszerű azonnal felhasználni.

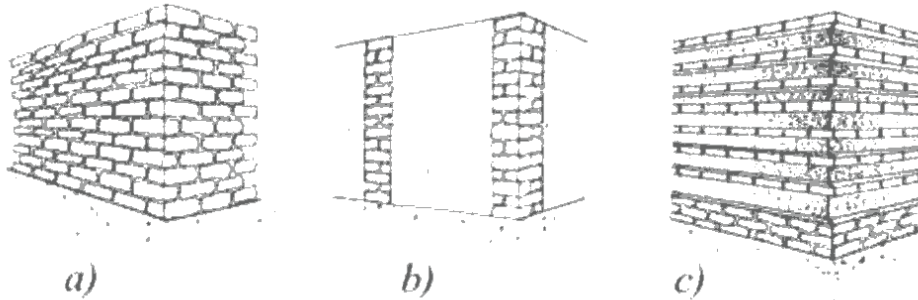
Az előregyártott, azaz vályogtéglás vagy vályogblokkos építéstechnológia továbbfejlesztett változata a nagynyomáson előállított préselt vályogtéglá, melynek mechanikai tulajdonságai messze felülmúlják a hagyományos vályogtégláét, és a minősége is sokkal egyenletesebb. Kedvező esetben a II. o. égetett téglá szilárdságát is eléri. A préselttéglá egy (külső) felületének zúzottkővel nagynyomáson történő borítása a vályogtéglá vízzel, csapóesővel, ill. erózióval szembeni ellenállóképességét nagymértékben fokozza.

Amerikai és európai gépgyártó cégek kifejlesztettek ún. "vándorpréseket", melyekkel bérleti díj fejében az építkezés helyszínén, többnyire a helyi nyersanyagok felhasználásával lehet vályogtéglát előállítani [22]. A hazai gyártás terjedésének elősegítésére célszerű lenne az itthon bevált vályogpréseket az építőipari kisgépkölcsonzó üzleteknek, ill. a TŰZÉP telepeknek beszerezni, ahonnan az építkezők bérelhetnék azokat, (pl. VG-1000 kézi vályogprés, GEO 50 kézi prés, GEO motorikus gépiprés, stb.).

A bérleti díj az ily módon megtakarított szállítási költségnek csak kicsiny hányadát tenné ki.

Vázás vályogszerkezetek

Elsősorban a vár- és erődépítészet fejlődésével függ össze a különböző vázerősítésű vályogfalak kialakulása. Anyaga szerint megkülönböztetünk kő-, téglá-, ill. favázás vályogszerkezeteket. A kő- vagy téglagyámos vályogfalak lehetnek egy- vagy kétoldali telefalas, függőleges-, ill. vízszintes gyámsoros vályogfalak (5. ábra).



5. ábra. Kővázás vályogépítési módok
a) egy- vagy kétoldali kőgyámfal; b) függőleges kőgyámsoros falrészlet; c) vízszintes kőgyámsoros falrészlet

A favázás vályogszerkezetek kialakítása

A vázas építési módnak vannak előnyei és hátrányai a tiszta-vályog építéssel szemben. Előnyei: mivel a vályog az időjárásra (vízre) érzékeny építőanyag, ezért célszerű a vályogos munkákat fedél alatt végezni, ami vázas építés esetén az építmény végleges tetőszerkezete is lehet. A vázas építés további előnye, hogy a vályognak nincs befolyása az épület állékonyságára, a vályogos munkálatok kis szakértelmet igényelnek és utólag is könnyen javíthatók. Mivel a vázas épületeknél nincs a vályognak teherhordó szerepe (csak a saját önsúlyát kell hordania), ezért kis nyomószilárdságú, de igen jó hőszigetelő, növényi rostokkal kevert könnyű vályogot lehet alkalmazni, és akár többrétegű szendvicsszerkezet is készíthető belőle.

Hátránya: nagy a fajlagos fafelhasználása, a vázszerkezet a hozzáférhetőség rontásával nehezíti a vályogmunkákat (különösen a csomópontokban), a kivitelezés során az utólagos tervváltoztatás igen nehézkes, valamint a vázszerkezet rasztere az alaprajz utólagos variálását igen megnehezíti.

Favázás vályogépületek vázszerkezete alapvetően négyféleképpen alakítható ki:

- kívülről látható,
- falban elhelyezett,
- belső térből látható,
- külső- és belső térből is látható módon.

A történelmi fejlődés során a vázas szerkezeteknél többnyire a vályogkitöltés a favázszerkezet vastagságával egyezett meg.

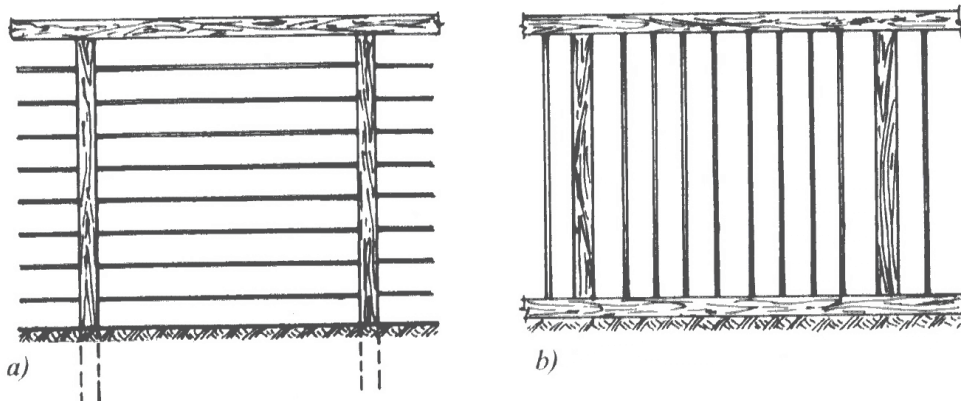
Az oszlopokból gerendákból, kazettákból és merevítőrácsozásból álló vázszerkezetet utólag vályoggal falazták ki. A vályogfalat repedések kimosódás és betörés ellen

másodlagos faszerkezetekkel kell megerősíteni, pl. vízszintes vagy függőleges rudazattal, faráccsal, fonattal.

Favázás vályogfalak

Vesszőfonatos vályogfalak

A vesszőfonatos építési mód során a tartóoszlopok nútjaiba helyezett lécezést ill. vesszőfonatot az egyik oldalról építik be vályoggal úgy, hogy a lécek ill. a fonatok közé benyomódjon a vályog. A lécek ill. a fonatok között átréselődött vályogot a fal túloldalán elsimítják (6a., 6b. ábra)



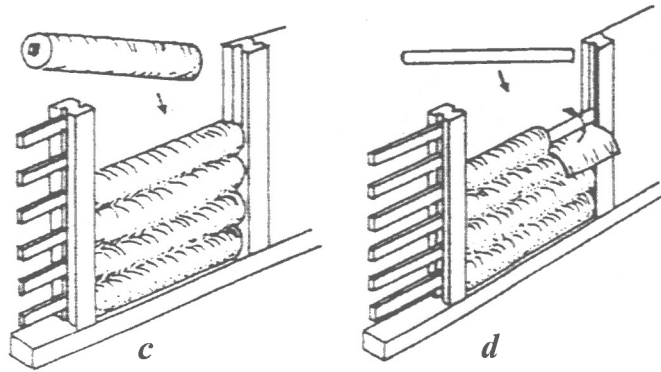
6a., 6b. ábrák: Karóvázás sövényfal

Pólyás építésű vályogfalak

A pólyás építési mód során szálas, rostos anyaggal keverik a vályogot és az így nyert anyagot néhány cm vastag lapokká (pólyákká) alakítják. Ezen "pólyákat" kétféleképpen lehet beépíteni:

-a nütös tartóoszlopok közé helyezendő vízszintes farudakra felcsavarják a kívánt falvastagság eléréséhez szükséges mennyiségben a vályogpólyát úgy, hogy a rúd két vége a nút mélységének megfelelő hosszon szabadon maradjon és az így nyert hengereket a tartóoszlopok közé helyezik, (6/c. ábra).

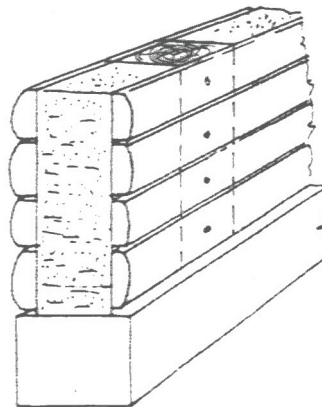
-a nütös tartóoszlopok közé rétegenként elhelyeznek egy vályogpólyát majd egy keresztrudat, és erre a rúdra felhajtják a vályogpólyát kétoldalról, ezután ismétlődik az eljárás a kívánt falmagasságig, (6/d. ábra). Mindkét eljárás után vályoghabarccsal kell a falat "bevakolni" [22].



6c., 6d. ábrák: Karóváz sövőnyfal készítése

Benthagyott zsaluzattal épített vályogfalak

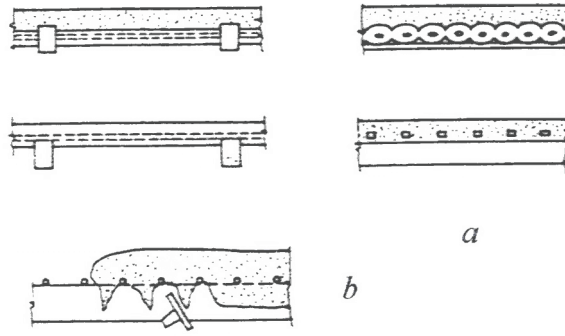
Kissé költséges építési mód amikor deszka zsaluzatot készítenek a megkívánt falvastagsággal, majd a zsaluközt kellően tömörített könnyű vályoggal töltik ki. Külső szemlélő számára már gyakorlatilag faházról van szó. A nagy fafelhasználásért némi kárpótlást nyújt, hogy nincs utólagos felületképzés, azonban a fa védelméről természetesen gondoskodni kell (6/e. ábra).



6e. ábra: Benthagyott fazsaluzattal épített vályogfal

Vályogfödémek

A fa tartóbetétes vályogfödémek szerkezeti kialakítása a pólyás, ill. a vesszőfonatos favázás vályogfalak építésére emlékeztet. A fa födém tartó gerendák oldalán kiképzett nútba fa- rudakat ("kereszt tartókat") helyeznek el, és erre hordják fel a megfelelő vastagságú, jó hőszigetelő képességű, sok növényi rosttal kevert vályogot. A keresztlécen áttüremkedő anyagot alulról elsímítják, így esztétikailag kedvező hatású födémeket kapnak, (7. ábra) [22]. A fagerendák közötti áthidaló szerkezet lehet előregyártott vesszőfonatos vályog béléstest is.



7. ábra: Vályogfödémek

Építésügyi előírások

A vályognak mint építőanyag, ill. mint szerkezeti anyagnak a többi ismert építőanyagéhoz hasonlóan, szabványokban v. műszaki irányelvekben rögzített fizikai és kémiai tulajdonságai -"minősítési értékei"- nincsenek. Európában csak a DIN 18 952/Blatt 2. foglalkozott az építési vályog vizsgálataival, a próbavétel, a kötőerő, zsugorodás, lassú alakváltozás, kimosódási veszély, a szilárdság - elsősorban a nyomószilárdság - meghatározásával.

1944-ben a II. Világháború vége felé jelent meg Németországban a "Verordnung über Lehmbauten" azaz "Rendelet a vályogépítésről" c. előírás, amelyet a háború okozta lakáshiány kényszerített ki. Ebből fejlődött ki a " Vályogépítményekre vonatkozó műszaki irányelvek" azaz a DIN 18 951, amelyből kis változtatásokkal és kiegészítésekkel a DIN 18 952-18 957 keletkezett [12]. Ez a kiadás változatlan tartalommal és formában, 1974-ig volt érvényben, amikor is "érdektelenség és technikai elavultság miatt" megszüntették. Sajnos a mai napig nem lépett semmi a helyébe.

Magyarországon nincs se szabvány, se műszaki irányelv, amely a vályogról mint építőanyagról ill. a vályogépítésről rendelkezne. Tehát vályogépítményekre az OÉSZ(12) általános előírásait kell alkalmazni a tervezés és kivitelezés során. Ez ma, a vályog reneszánsza idején meglehetősen lassítja és hátráltatja a fejlődést. Ezért célszerű lenne a DIN előírásainak ideiglenes átvétele addig is, míg a hazai szabályozás meg nem történik.

A DIN 18 951-18957 tartalomjegyzéke

DIN 18 951:	B1.1 Vályogépítés, kivitelezési előírások B1.2 Vályogépítés, magyarázatok
DIN 18 952:	B1.1 Építési vályog, fogalmak, fajták B1.2 Építési vályog vizsgálatai
DIN 18 953:	Építési vályog, vályogépítmények B1.1 Építési vályog alkalmazása B1.2 Rakott vályogfalak (vályogtéglás falak) B1.3 Döngölt (csömöszölt) vályogfalak B1.4 Pólyás vályogfalak B1.5 Vázás könnyűvályog falak B1.6 Vályogfödémek
DIN 18 954:	Vályogépítés kivitelezési irányelvei
DIN 18 955:	Építési vályog, vályogépítmények, nedvesség elleni védelme
DIN 18 956:	Vályogépítmények "bepucolása"
DIN 18 857:	Vályogzsindely fedések

Összefoglalás

Végezetül megállapítható, hogy a vályognak mint építőanyag, számos *előnye* van a többi építőanyaggal szemben, mint pl.:

- olcsó,
- egészséges életmódot nyújtó, környezetbarát,

- a vályog építmények természetes, főleg helyi anyagokból épülnek,
- a környezetünkbe harmonikusan illeszkednek,
- kicsiny mind az építési, mind az üzemeltetési s a szanalási energia szükséglete,
- a lehető legkevesebb hulladék és égéstermék keletkezik az előállítás során,
- a legnagyobb "sajátmunka" befektetését, tehát pénzmegtakarítást tesz lehetővé,
- megmunkálhatósága jó, alakíthatósága szinte korlátlan,
- tűzálló, és a hőtechnikai tulajdonságai kiválóak,
- esetleges bontása olcsó és környezetkímélő.

Hátrányként meg kell említeni:

- vízérzékenységet,
- az igen csekély húzószilárdságából adódó repedés-érzékenységet,
- zsugorodás- és duzzadás-érzékenységet,
- a kivitelezés "időjárás-érzékenységet",
- a felületi erózió veszélyét, és a különböző agyagok sokféleségét.

Fenti hátrányok csökkentése érdekében további kutatási cél a vályoghoz, ill. az agyaghoz keverhető lehetséges adalékanyag fajták és azok optimális adagolásának meghatározása. Célszerűnek tűnik Albert János kutatásainak felelevenítése és továbbfejlesztése [16]. Hátránynak tekintendő továbbá az idevágó irodalom szegénysége, a vályogra vonatkozó szabványok, előírások és a tervezési és kivitelezési tapasztalatok hiánya. Ezért a további vizsgálatok során foglalkozni kell az agyag, ill. a vályog mint építőanyag szabályozási kérdéseivel, ill. ehhez első lépésként ki kell dolgozni annak laboratóriumi minősítő vizsgálatait.

Irodalom

- [1] *Vitruvius, P.M.:* "De architectura Libri decem"
- [2] *Pollack, E.-Pilnius G.S.:* Technik des Lehmbaus Berlin 1952
- [3] *Minke, G.:* Bauen mit Lehm / Lehmsteinbau -Greibenstein 1984-87
- [4] *Gardi, R.:* Auch im Lehmhaus Läßt sich' s leben -Graz 1973
- [5] *Dietz, E.:* Islamische Baukunst -Darmstadt 1963
- [6] *Heinrich, E.:* Schilf und Lehm, Baugaschichte der Sumerer -Leipzig 1934
- [7] *Palladio, A.:* Die vier Bücher zur Architectur - Vence 1570/1988 München
- [8] *Gerő, L.:* A magyar várak építéstörténete - Műszaki K.kiadó 1975
- [9] *Nemecz, E.:* Agyagásványok - Akadémiai K.kiadó 1973
- [10] *Varga D.:* Vízálló és víztaszító vályogtégglák-Építőanyag 1957. 1. sz.
- [11] *Niemeyer, R.:* Der Lehmbau - Hamburg 1946
- [12] *DIN 18 951-18 957:* Normen zum Lehmbau - Berlin 1949-1953
- [13] *Schilberg, K.:* Naturbaustoff Lehm - Aarau 1993
- [14] *Pollack, E. - Richter, E.:* Technik der Lehmbaus - Berlin 1952
- [15] *Vanros, G.:* Studie zu bauphysikalischen Merkmalen Vom Lehmfachwerkwänden- Leuven 1981
- [16] *Albert J.:* 39. sz. jelentés. Vízálló és víztaszító vályogtégglák. -Budapest 1956 (SZIKKTI)
- [17] *Minke, G.:* Alternatives Bauen - Kassel 1980
- [18] *Minke, G.:* Lehmboauforschung - Kassel 1984
- [19] *Minke, G.:* Lehmbau - Handbuch - Stufen 1994
- [20] *Meischerder, H.:* Der Lehmbau, bodenphysikalisch betrachtet -Lüneburg 1946
- [21] *Kepler M./Lemcke T.:* Mit Lehm gebaut - Karlsruhe 1986
- [22] *Bálint, P. dr.- Hámori Tné.:* Vályog mint építőanyag alkalmazása a nemzetközi gyakorlatban- Nemzetközi szemle
- [23] *Bálint, P. dr.:* Az ásványi anyagok jelentősége a téglagyagok minősítésében - Építőanyag,XXVIII. évf.1976. 4. szám