

S a gazdagabb házak biztonságának növelése érdekében megjelentek a rugós záruk és lakatok, no meg a kulcs is.

A mezőgazdasági technikában az aratógéppel (amely pengé-
gesort tolt maga előtt, ahogy egy reliefről ismerjük), és
dagasztógéppel hoztak újat. Érdekes, hogy ezt a két gépet,
később elfelejtették. A rómaiak jelentős eredményeket értek
el mocsarak lecsapolásában is.

Megemlítünk még néhány spóradikus - csak egyes helye-
ken elterjedt - találmányt: a vízimalmot (amely tulajdonké-
pen a nória megfordításával keletkezett - 6.4. ábra), a drót-
húzás eljárását, a forgattyút, a dugattyus szivattyút, a go-
lyóscsapágyat.

Végül nézzünk meg egy olyan eszközt, amit a rómaiak
nem ismertek, s aminek érdekes következményei voltak.
(A technikatörténetek általában arra koncentrálnak, hogy
mi az, amit már feltaláltak, amit már használtak egy adott
korban; néha azonban legalább ilyen érdekes azt is megvizs-
gálunk, hogy mi az, amit még nem ismertek.) Nos, a rómaiak
- akik számára a szárazföldi közlekedés és szállítás rend-
kívül fontos volt - nem ismerték a forgószámolyos kocsit.
Ez azt jelenti, hogy a római négykerekű kocsi első tengelye
rögzítve volt, nem lehetett elforgatni. Ez persze rendki-
vül megnehezítette a fordulást. Egy-egy élesebb kanyarnál
az utasok kiszálltak ill. az árut kirakták, majd kézzel for-
dították el a kocsit a megfelelő irányba. Természetesen ez
igen körülményes volt. De nézzük meg a római utakat, nézzük
meg a római városokat: az éles kanyarokat lehetőség szerint
elkerülték, a városok alaprajza pedig sakktáblaszerű, min-
denütt geometrikus rend girbe-görbe utcák nélkül. Ez utób-
bihoz persze az is hozzátartozik, hogy a római városok je-
lentős része alapított város, melyeknek mintája a katonai
tábor volt, hiszen először a katonák szállták meg az elfog-
lalt területet. Ahhoz azonban talán a római kocsi tökélet-
lensége is hozzájárult, hogy később a polgárok sem tértek
el ettől a sakktáblaszerű merev rendtől. Hozzáteesszük, hogy
állításunk nem vonatkozik Rómának a legmelegebb területei-
re - így az észak-afrikai városokra -, ahol az erős napsű-
tés miatt keskeny, kanyargó sikátorok vannak. Itt természe-
tesen nem a kocsi, hanem a teve a fő "közlekedési eszköz".

7. A középkor technikája

Mielőtt az időszámításunk 4.-5. századaiban a Római Bi-
rodalom nyugati része barbár népek martaléka lett, a pax
romana századaiban a Kelet kultúrkörében is virágzó nagy-
birodalmak rabszolgatartó társadalmi bontakoztatták ki ha-
talmukat. Kína első ízben egyesült tartósan egységes állam-
ban a 420 évig uralkodó Han dinasztia alatt; Indiában a
Kusán Birodalom, majd a 4. századtól a szubkontinens nagy
részét egyesítő Gupta dinasztia jelentette a feudalizmus
előtti utolsó virágzást; Közél-Keleten a Partus majd Szasz-
zanida Birodalom volt a mezopotámiai és perzsa térség vi-
tathatatlan ura, mely Belső-Ázsia és India számos tartomá-
nyát is uralma alatt tartotta.

A népvándorlás ezeket sem kerülte el. A hsziung-nu nép
az 5.-6. században meghódította az északi tartományokat,
a déli országrész hat fejedelemségre bomlott, de a 7. szá-
zadban a T'and-dinasztia korában az egység helyreállt, be-
köszöntött a feudalizmus virágkora, gyakorlatilag a régi ke-
retek között. Indiát egyidejűleg az eftaliták - alighanem
szintén hun népek - igázták le a 6. században, a 8.-ban pe-
dig Nyugat-India az Omaid Kalifatus részévé válik, mégis
viszonylag békésen, mélyreható etnikai változások nélkül
kialakul a feudalizmus. A szasszanidák 642-ben elbuktak az
arabok elleni harcban, óriási birodalmuk az izlám kalifatu-
sok uralma alatt megtartotta sajátos jellegét, arabok csak
Mezopotámiában telepedtek meg, sőt Bagdad lett a kalifák fő-
városa.

Még szilárdabbnak bizonyult a Kelet-Római Birodalom,
mely a Földközi tenger jelentős részét az arab hódításig
kézben tartotta, a Balkán és Kis-Ázsia pedig a keresztes há-
borúkig fennhatósága alatt maradt.

Míg tehát az Óvilág jelentős államaiban a kulturális
és etnikai folyamatosság többé-kevésbé kimutatható, a Nyu-
gat-Római Birodalom területén mélyreható változások követ-
keztek be. A népvándorlás első időszakában tiszavirág-éle-
tű államalakulatok jöttek létre (5.-6. sz.), amilyen a Hun
birodalom vagy az itáliai Keleti Gót állam volt. Tartósabb-
nak bizonyult az ibér-gall földön keletkezett Nyugat-Gót
(5.-8. sz.) vagy az Avar Birodalom (6.-9. sz.) Az utolsó
népvándorlási hullám részesei, az arabok, magyarok és nor-

mannok tartós államokat létesítettek és egyetlen germán telepedés, a frankok élték túl, sőt eredményesen szembe szállva előbbiekkkel: a rómaiak utódainak deklarálták magukat.

Ily módon a helyzet 10-11. századi konszolidációjakor a volt nyugat-római területen a frank utódállamok uraltak a hajdani Gallia, Germánia és Itália tartományait; Afrikát és Hispania zömét az arabok, Britanniát és Dél-Itáliát a normannok, Pannoniát a magyarok.

Tévedés lenne azonban úgy vélekedni, mintha a barbar népek a Római Birodalmat szánt szándékkal el akarták volna pusztítani. Ellenkezőleg, a határain belül tapasztalható jólét csábította őket arra, hogy ott letelepedjenek. Így pl. a nyugati gótok királya Nagy Konstantinosztól gabona-szállítványokat, határmenti telephelyeket kért és cserébe hadseregének szolgálatait és tuszok állítását (köztük saját fiát) ajánlotta fel.

A barbárok átvették a római államvallást, a kereszténységet, melynek gyökeresen új hozzáállása a fizikai munkához a műszaki fejlődésre kedvezően hatott. Átvették és folytatták a kialakulófélben levő feudális társadalmi rendszert, reálolva az ősi kultúra fájára saját fiatal kultúrájuk sok archaikus elemét tartalmazó hajtását. A latin nyelv, a pénzügyi és mértékrendszer, sok jogi intézmény, de főleg a római infrastruktúra a középkorban tovább élt, amíg az elhanyagolás nem végzett vele.

A tihanyi alapítólevél "Fehérvárra menő hadiútja" éppen úgy római út volt, mint számos városi vízvezeték, mely a középkorban még üzemelt, nem szólva a kikötőkről, világtörténelmi erődítményekről. A földközi tengeri országokban ma is szép számmal akad forgalmat lebonyolító rómaiakori híd. A Róma városi Ponte Milvius elviselte a II. világháború nehéz hadiforgalmát, a spanyol Merida 780 m hosszú, 6,50 m széles Guadina hídjá 60 boltívben szeli át a folyót. A középkorban még százával működtek hasonló létesítmények.

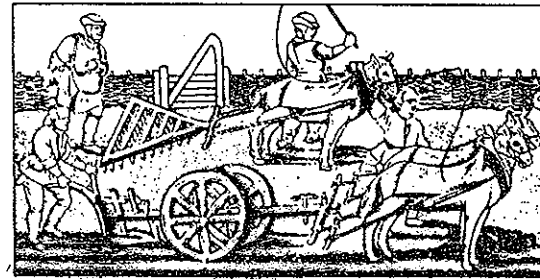
A római arénákat állatviadalokra az egész középkorban használták; itáliai, spanyol és délfrancia városok és a fürdők is sokáig működtek még.

7.1 Az európai technika hegemoniájának gyökerei

Az antik technika ismeretei fennmaradtak, hiszen a helyi lakosság általában nem költözött el, a barbar népek részben uralkodó réteget képeztek, részben keveredtek az ősi népességgel. Tovább élt tehát pl. a vízimalom használata, a fémfeldolgozás technikája vagy a boltív ismerete. A nória a római korban terjedt el nyugaton és nemcsak az arab Cordoba vízvezetékét látta el a 14. században, hanem Drezdát (1386), Brémát (1394) is és a közelmúltig Nürnberggtől északra földek öntözésére használták. A brémai nő-

pl. fordulatonként 1020 liter vizet emelt 13 méter magasba.

Feledésbe jobbra csak a presztizs és luxus termékek előállítására került, amilyen a padlófűtés, a táblaüveg, a diatréüveg vagy a kúpolaépítés volt; továbbá néhány még el nem terjedt ésszerűsítés, pl. az aratógép, melyet a 19. században újra feltaláltak. Érdekes, hogy néhány középkorinak vélt technika az antik időkben már ismert volt, vitatható: lappangó túlélés vagy újrafelfedezés ténye forog-e fenn. Az ólomázas edényt az ókor alkalmazta – 1100 körül Pesaróban ismét feltűnik; lapos ívű kőhíd már az 1. század padovában is létezett – a 13. században a Rhone felett; a 14. sz.-ban Firenzében az Arno felett (Ponte Vecchio) építettek ilyet ismét.



7.1. ábra
Nehéz eke (15. sz.)

Viszont a barbar népek is megtermékenyítették a hozományukkal a technikai kultúrát. Nekik köszönhető mindenek előtt a nehéz eke (7.1. ábra), hiszen írtás után kötött erdei talajok megmunkálására kényszerültek. Ez az eke már nemcsak túrta a földet, hanem forgatta is, az ekevas kétrészsévé vált: a csoroszlya merőlegesen felvágta a talajt, a forgató lemez 135-170°-kal átfordította a rögöt, a barázdák között nem maradtak megmunkálatlan csíkok. Az ilyen eke minden esetben taligával, vagy kétkerekű előrésszel volt ellátva, m²-enként legalább 100 kg földet mozgatott meg.

Ez a – talajtól függően – 2-4 ökörrrel vagy lóval vontatott eke tette lehetővé a keresztaszántás feladását, miáltal a jobbára négyzethez közelítő parcellák helyett fokozatosan tért hódítottak a hosszú telkek. (A szántáskor szükséges fordulások száma csökkent ily módon.)

Germán népek hozták magukkal eurázsiai kölcsönként a bivalyt – a longobardok jelennek meg velük Itáliában 600 körül – és ami jóval jelentősebb hatást fejt ki: ők járnak elől a ló fogatolása és szerszámozása terén.

Normann sírból előkerült szőnyegen (9. század) látunk először új módon fogatolt lovat eke előtt, de az újfajta



7.2. ábra
Az új hám korai ábrázolása (12. sz.)

nyak- majd szügyhám germán elnevezése (angol hame, német Kummet) török, tehát esetleg avar átvétel sejtet (7.2. ábra). Theodosius 438-ban még megtiltotta, hogy egy lovat 500 kg-nál nagyobb súly vontatásával terheljenek; ezt meghaladó erőkifejtése esetén az ökör igájából származtatható nyakhám az állat légzőcsövét és nyakerét elszorította. A középkori Troyes elszámolásai viszont már azt mutatják, hogy két ló 2500, sőt 3900 kg-ot is elbírt az anatómiailag helyesen alkalmazott felszerszámolás révén, vagyis az antik norma 2,5-4-szeresét.

A ló nem erősebb, csak gyorsabb az ökörnél. A leggyakoribb tehervontató állatok teljesítményét az alábbi értékekkel jellemezhetjük:

	kifejtett erő, N	sebesség m/s	Nm/s
ló	540	1,10	600
ökör	540	0,73	400
öszvér	270	1,10	300

Kézenfekvő, hogy nem annyira a tehervontásban volt ennek jelentősége, mint inkább abban, hogy a nehéz eke fogatolásában a ló az ökröt kezdte kiszorítani, különösen, mert szívósabb lévén azoknál, napi két órával többet lehet dolgoztatni; emellett a zab, nélkülözhetetlen takarmánya lévén, a hármasszoros ideális egészítette ki.

Ehhez járult az új típusú szegelt patkó átvétele, a nyereg elterjedése és ami még fontosabb: a kengyel. Vitatható, milyen úton jutott el Belső-Ázsiából vagy Indiából Európába, a lovas nomádok vagy az arabok közvetítették, tény, hogy a 7. századi avar sírokban feltaláljuk és a frankok a 8. században teljes lovas fegyverzetüket ehhez a találmányhoz igazítják. A kengyel ugyanis nemcsak a lóraszálás műveletét könnyítette meg, hanem a harcoló lovas szilárdságát is növelte: a kard és íj helyébe a lándzsa lépett, mely a lovasroham új taktikáját hozta. Ez pedig – Lynn White okfejtése szerint – nagymértékben meggyorsította a feudális struktúra kialakulását. A hosszadalmas gyakorlatozásban ki-

alakuló és állandó készütségben tartott lovashad, a lovak minden más kötelezettség alól felszabadított rétege vált a hűbéri rendszer kiváltságos osztályává azáltal, hogy örökletes földbirtokot kaptak uruktól.

Mind a mezőgazdaság, mind a harcászat új szükségletei magyarázzák a vasbányászat, kohászat és fémgyártás növekvő szerepét. Itt gyökerezik a kelta és germán törzsek által mágikus erőkkel felruházott kovács szerepe. Nem kétséges a vas és acél csíkokból kovácsolt – tehát kemény és rugalmas rétegekből álló – kelta és frank kardpengék (arab "fringia") fölénye más egykorú acéltermékek felett. Tény az is, hogy a korai középkorban már túltengenek a bronzból készületekkel szemben a vasból kovácsolt mezőgazdasági eszközök, fegyverek sőt ékszer: bekövetkezett az igazi vaskor.

A barbárok más területeken is termékenynek bizonyultak. Legjobban feltárt terület a normannok ún. viking hajójának szerkezete. Az épen feltárt 9. századi Gokstad-hajót lemásolták és 1893-ban 27 nap alatt átkeltek az Óceánra (Columbus 70 nap alatt tette meg az utat). Ilyen hajókon járva végigpusztították és Északi-, Balti- és Földközi tenger partjait, megtámadták Konstantinápolyt, megszállták Izlandot, Grönlandot, eljutottak Amerikába (10. század). s végül 3000 hajóval és 60000 katonával átkeltek a csatornán, hogy 1066-ban meghódítsák Angliát. A viking hajó evezőkkel és vitorlával 11-14 csomós sebességet (20-25 km/h) ért el, hála áramvonáshoz közelítő formájának, a hajótest palánkjainak klinker (átlapoló) illesztése és a hajótó bordákkal (bokány) való merevítése révén pedig a viharos tengernek is ellenállt.

Számos más területen is hoztak műszaki jellegű újításokat a népek, a lenfeldolgozás nélkülözhetetlen kellékét, a tilót, az avarok vagy magyarok hozzájárulásának tekintik. Barbárságukat nem szabad egysíkúan értelmezni; láttuk, hogy jobbára fejlett mezőgazdasággal és fémtechnológiával rendelkeztek, de saját írásuk (a gótoké a 4. századig nyúlik vissza), jogrendszerük is volt, és jelentős részük átvette a kereszténységet.

Ez a körülmény a technikai fejlődés szempontjából sem közömbös: a keresztény tanítás szerint Isten a föld urává tette az embert, a munkát szabad emberhez méltó tevékenységgel emelte, sőt a testi munka gépekkel való helyettesítését is szorgalmazta.

Egy új, képlékeny, vagy ahogyan Lynn White mondja "olvadt társadalom" állt elő az első évezred második felében, mely "készen állt arra, hogy új formákba öntsék". De, mielőtt egy másik hasonlóra sort kerítenénk, meg kell emlékeznünk egy további nagyhatalmú tényezőről.

A 8.-9. században a klíma jelentősen megjavult, Angliában bort termelnek. Grönlandban letelepednek a normannok. Nem kétséges, a mezőgazdasági forradalom és a demográfiai



7.2. ábra
Az új hám korai ábrázolása (12. sz.)

nyak- majd szügyhám germán elnevezése (angol hame, német Kummel) török, tehát esetleg avar átvétel sejtet (7.2. ábra). Theodosius 438-ban még megfíltotta, hogy egy lovat 500 kg-nál nagyobb súly vontatásával terheljenek; ezt meghaladó erő kifejtése esetén az ökör igájából származtatható nyakhám az állat légzőcsövét és nyakerét elszorította. A középkori Troyes elszámolásai viszont már azt mutatják, hogy két ló 2500, sőt 3900 kg-ot is elbírt az anatómiailag helyesen alkalmazott felszerszámozás révén, vagyis az antik norma 2,5-4-szeresét.

A ló nem erősebb, csak gyorsabb az ökörnél. A leggyakoribb tehervontató állatok teljesítményét az alábbi értékekkel jellemezhetjük:

	kifejtett erő, N	sebesség m/s	Nm/s
ló	540	1,10	600
ökör	540	0,73	400
őszvér	270	1,10	300

Kézenfekvő, hogy nem annyira a tehervontásban volt ennek jelentősége, mint inkább abban, hogy a nehéz eke fogatolásában a ló az ökröt kezdte kiszorítani, különösen, mert szívósabb lévén azoknál, napi két órával többet lehet dolgoztatni; emellett a zab, nélkülözhetetlen takarmánya lévén, a hármastetűförgőt ideálisan egészítette ki.

Ehhez járult az új típusú szegelt patkó átvétele, a nyereg elterjedése és ami még fontosabb: a kengyel. Vitatható, milyen úton jutott el Belső-Ázsiából vagy Indiából Európába, a lovas nomádok vagy az arabok közvetítették, tény, hogy a 7. századi avar sírokban feltaláljuk és a frankok a 8. században teljes lovas fegyverzetüket ehhez a tálmányhoz igazítják. A kengyel ugyanis nemcsak a lószállítás műveletét könnyítette meg, hanem a harcoló lovas szilárdságát is növelte: a kard és íj helyébe a lándzsa lépett, mely a lovasroham új taktikáját hozta. Ez pedig – Lynn White okfejtése szerint – nagymértékben meggyorsította a feudális struktúra kialakulását. A hosszadalmas gyakorlatozásban ki-

alakuló és állandó készületségben tartott lovashad, a lovak minden más kötelezettség alól felszabadított rétege vált a hűbéri rendszer kiváltságos osztályává azáltal, hogy örökletes földbirtokot kaptak uruktól.

Mind a mezőgazdaság, mind a harcászat új szükségletei magyarázzák a vasbányászat, kohászat és fémmegmunkálás növekvő szerepét. Itt gyökerezik a kelta és germán törzsek által mágikus erővel felruházott kovács szerepe. Nem kétséges a vas és acél csíkokból kovácsolt – tehát kemény és rugalmas rétegekből álló – kelta és frank kardpengék (arab "fringia") fölénye más egykorú acéltermékek felett. Tény az is, hogy a korai középkorban már túltengenek a bronzból készülttel szemben a vasból kovácsolt mezőgazdasági szerszámok, fegyverek sőt ékszerek: bekövetkezett az igazi vas-kor.

A barbárok más területeken is termékenynek bizonyultak. Legjobban feltárt terület a normannok ún. viking hajójának szerkezete. Az épen feltárt 9. századi Gokstad-hajót lemásolták és 1893-ban 27 nap alatt átkeltek az Óceánon (Columbus 70 nap alatt tette meg az utat). Ilyen hajókon járva végigpusztították és Északi-, Balti- és Földközi tenger partjait, megtámadták Konstantinápolyt, megszállták Izlandot, Grönlandot, eljutottak Amerikába (10. század). s végül 3000 hajóval és 60000 katonával átkeltek a csatornán, hogy 1066-ban meghódítsák Angliát. A viking hajó evezőkkel és vitorlával 11-14 csomós sebességet (20-25 km/h) ért el, hála áramvonalashoz közelítő formájának, a hajótest palánkjainak klinker (átlapoló) illesztése és a hajótő bordákkal (bokány) való merevítése révén pedig a viharos tengernek is ellenállt.

Számos más területen is hoztak műszaki jellegű újításokat e népek, a lenfeldolgozás nélkülözhetetlen kellékét, a tilót, az avarok vagy magyarok hozzájárulásának tekintik. Barbárságot nem szabad egysíkúan értelmezni; láttuk, hogy jobbra fejlett mezőgazdasággal és fémműveléssel rendelkezők, de saját írásuk (a gótoké a 4. századig nyúlik vissza), jogrendszerük is volt, és jelentős részük átvette a kereszténységet.

Ez a körülmény a technikai fejlődés szempontjából sem közömbös: a keresztény tanítás szerint Isten a föld urává tette az embert, a munkát szabad emberhez méltó tevékenységgé emelte, sőt a testi munka gépekkel való helyettesítését is szorgalmazta.

Egy új, képlekeny, vagy ahogyan Lynn White mondja "olvadt társadalom" állt elő az első évezred második felében, mely "készen állt arra, hogy új formákba öntsék". De, mielőtt egy másik hasonlatra sort kerítenénk, meg kell emlékeznünk egy további nagyhatalmú tényezőről.

A 8.-9. században a klíma jelentősen megjavult, Angliában bort termelnek. Grönlandban letelepednek a normannok. Nem kétséges, a mezőgazdasági forradalom és a demográfiai

robbanás megindításában az időjárás is kivette a részét, ami képpen a 14. századi visszaesésben sem elhanyagolható a szerepe.

7.2 A közlekedő edények törvénye

A 8. század óta egy nagykiterjedésű, többé-kevésbé egységes államkonglomerátum kötötte össze a Spanyolország és India közötti területet, az izlám kalifátusok országai. A 13. századtól egy másik világbirodalom északon vert hidat Lengyelország és Kína között: a mongoloké. Eleinte Európa elszigetelését jelentették, utóbb távoli kultúrákkal való életteli kapcsolatot tettek lehetővé.

A művelődést közvetítő artériák a legkülönbözőbb jeleket öltöttek. A 7. század óta szír nesztoriánus hittérítői tevékenysége Kínáig terjedt, tartós hatásukat bizonyítja, hogy Marco Polo a 13. század végén egész útja mentén Pekingig felleli templomaikat. Az arab szárazföldi kereskedelem mellett a kínaiak közel-keletre (Basra) irányuló tengerhajózása is állandó tapasztalatcsere-t jelentett. A buddhista hittérítés (4.-11. század) Indiából Kínába, Tibetbe, Indonéziába, sőt Koreába és Japánba irányult és kiégyesítette az ugyanoda törekvő mohamedán misszionáriusok tevékenységét. Stein Aurél ásatásai bizonyították továbbá, hogy az ősi selyemút, a Belső-Ázsia akkor még virágzó tartományain keresztül vivő karaván út az ókor óta megszakítás nélkül forgalmat bonyolított le. Váltakozó urai nem a kereskedelem megszakításában, hanem megvámolásában voltak érdekeltek.

Ne feledjük, oly sivatagos országok, mint a mai Choresm adta Al Chvarizmit, a nagy matematikust, és a helyérték ill. nulla először a ma őserdőtől borított Kambodzsa felirataiban (7. század) igazolható. Különösebb kockázat nélkül azt állíthatjuk tehát, hogy e korban Európa az elmaradtak (mai szóval a fejlődők) kategóriájába tartozott; ha a kultúrjavak terjedése szempontjából tekintjük: kevesett tudott kínálni, inkább felvevő volt.

Márpedig "a 10. század óta a nyugat-európai talaj jól fel volt szántva, el volt boronálva, készen arra, hogy felvegye magába más kultúrák szélfutta magvait". Ezek után számba szökkenve a tőlük idegen éghajlat és föld hatására új változatokban öltöztek formát, "talán éppen mert idegenből származtak és itt nem voltak természetesen ellenségeik, gyorsabban és óriásivá növekedtek" (Mumford).

Az átvevő alázatáról tanúskodik Theophilus Presbyter előszava az első műszaki enciklopédia (Diversarum Artium Schedula) prologusában (1120 körül). Látóköre szűk ugyan - Távol-Keletet nem ismeri, hiszen az arabok közvetítik ismereteit - de dicsérőleg sorolja fel a bizánci festékeket, orosz zománcmunkát, arab fémtechnikát és persze (akkor már teljes joggal) a francia üvegablakgyártást.

176

Nem kétséges, hogy a "műszaki találmányok lassú, de tömeges beszivárgása tapasztalható keletről nyugatra a 14. századig", ahogyan Needham állapítja meg és csak ezután fordul meg fokozatosan az áramlás.

A Távol-Kelet legfejlettebb technikájú országa, Kína szolgáltatta vitán felül az új eljárások és ösztönzések számottevő hányadát. Ezek egy része vitán felül kínai eredetű és arab közvetítése nyomon kísérhető. Ilyen a papirtechnológia, melyet a talasi csatavesztés után (751) kínai foglyok honosítottak meg Szamarkandban és a 12. században jutott el Spanyolországba (7.3. ábra). Hasonló módon vándorolt



7.3. ábra
Papír merítése (Kínai fametszet, 17. sz.)

keletről nyugat felé a selyemtenyésztés és -feldolgozás összetett technológiája, míg Bizáncon, Szicílián és Spanyolországon át elérte a keresztény Nyugat-Európát; az első nagy eperfaültetvények a velenceiek birtokolta Moreán (a Peloponnészosz)

177

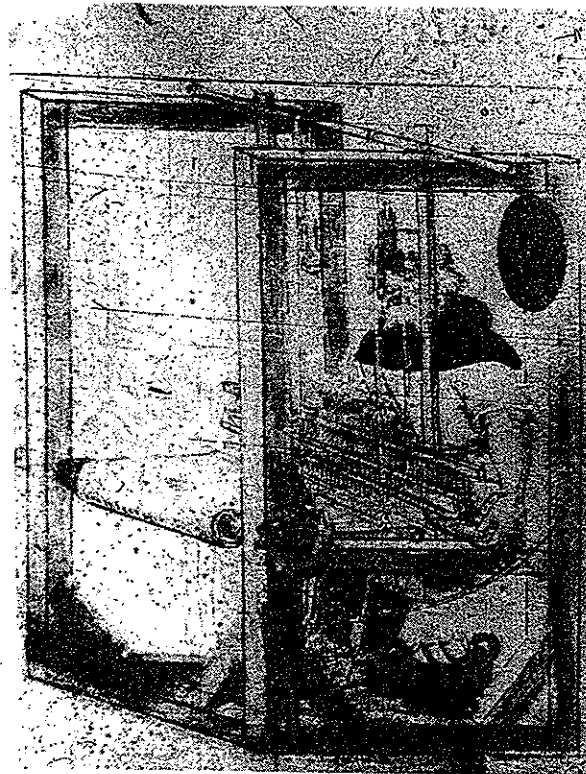
ponnézosz olasz neve; Morus = eperfa) voltak a 13. században, a legkorábbi selyemszövet exportőr Lucca volt a 12. századtól. A rizstermesztés módszerei is a 13. században jutottak arab közvetítéssel spanyol földre, a 15. század óta Olaszországban is bevezették. A sárkányt – ideig-óráig félelemkeltő harcieszközt – viszont a mongol hadak ismer-tették meg a Nyugattal.

Egy sor találmány esetében az átvétel vitatható, leg-feljebb ösztönzés vihetett szerepet. Gondoljunk a porcelán-történetére: évszázadokig kísérelték meg utánzását, míg si-került.

Van olyan elmélet, mely szerint a puskaopt, melyet Kínában 1040-ben említenek, arabok közvetítették volna Euro-pának, mert azok a salétromot "kínai hónak" nevezték. Azon-ban lehetpárhuzamos találmány, akár az iránytű is, hiszen ezt az arabok a keresztényektől vették át a 13. században, neve (al-konbas) is európai eredetű. Sok más találmányt is-suk tisztázott lenne: a vasöntés (hála foszfortartalmú, ala-csony olvadáspontú érceiknek), a nyomtatás, a hajó tatkor-mánya, a szügyhám, a kardán felfüggesztés, a lánchíd, a számszerij, sőt a bütüköstengely évszázadokkal korábban iga-tatható. Míg az araboknál vagy más közvetítőnél ki nem mu-tathatók, párhuzamos találmánynak kell tartanunk ezeket. Egyes esetekben a találmány független volta bizonyítható: a kínai talicska korábbi alakja pedig előnyösebb az európai-nál, mert kereke a tömegközéppont alatt helyezkedik el; leg-feljebb arról lehet szó, hogy nyugati utazók pontatlanul írták le a látott járművet.

A másik, immár sok szellemi hatással is járó kultúra-átvétel Indiáé. A pamut termesztése és feldolgozása, vele oly fontos elemek, mint a fonókerék – az első ismert zsi-nórátétel – és a lábitós szövőszék már a korai középkorban több úton megérkezett Európába (7.4. ábra). Feltehetően Bizánc és a szláv népek északon (9-11. század), az arabok délen (8-10. század) közvetítették. A gyapotnövényt 1000 körül kezdik Szicíliában majd Spanyolországban termeszteti. Hasonló módon került Dél-Európába a cukornád. A csúcsív is hindu eredetű, az arabok révén terjed el, a nagy samarra-i mecset (836-37) ilyen stílusban épül, ezt követi a kairói Ibn Tulun mecset. Első európai feltűnése az amalfi-i kated-rálison állapítható meg, Monte Cessino (1066) és Cluny (1088) következnek, de itt már szerkezetileg továbbfejleszt-ve.

A perpetuum mobile eszméje is Indiából ered: 1150-ben szerepel először Bhaskara egy művében, az arabok közül Rudwan már 1200 körül hat gravitációs örökmozgót ír le és Franciaországban Villard de Honnecourt (kb. 1235) vázlat-könyvében látjuk viszont egyiküket. (Néhány további példát lásd: Szűcs (1984).) Egyidejű de óriási jelentőségű az "arabs" számjegyek átvétele. Eredetük kétségkívül hindu, noha egyrészt pl. a helyérték és nulla alkalmazása a baby-



7.4. ábra
Lábitós szövőszék (15. sz.)

loni, maya és kínai matematikában is kimutatható, másrészt a nulla Kambodzsában és Szumátrán jóval korábban, Banka szigetén meg éppen kör alakú változatában igazolható (686). A hindu számrendszer elsőrendű érdeme a kereskedelmi gya-korlatban való alkalmazása, amivel az arab világ már a 9. század óta, a nyugati kereskedők pedig legkésőbb a 10. szá-zad végén megismerkedtek. Amikor 1202-ben Pisai Leonardo (Fibonacci) tankönyvben népszerűsíti, az új számtannak két évszázados múltja van már Európában is.

Indiából temérdek más impulzus érkezett: a sakk és a kártya mellett hangszerek (keresztfúvóla, kétfenekű dob), irodalmi (a Pancsatantrát már a 11. században latinra for-dították) és vallási impulzusok (az összetett kézzel való imádkozás, a rózsafűzér) érték a Nyugatot. Velük együtt in-donéz találmányok (légpuska, hegedű vonója) és tibeti ötlet-tek (az imamalom láncos súlya mint tehetetlenségi nyomatek) gazdagították az európai technika tárházát.

A perzsa technika tekintetében egy ösztönzést említünk. Arab írók szerint a 9. században Kelet-Iránban szélhajtók malmok működnek, egy 13. századi kézirat vízszintesen elhelyezkedő vitorláikról tanúskodik: ám a nyugati típus kezdettől fogva függőleges síkú szélkerékkel jellemezhető. Ezzel legfeljebb az ötlet származik Perzsiából.

Ehhez járult az arabok saját, a 9-13. század között virágzó technikája. Egyik legnagyobb érdemük, hogy konzer-váltak az antik tudományos ismereteket és - ahogyan Mayerhof találó metaforája fogalmazza -: "az izlám tudomány ak-kor vetette ránk vissza a hellenizmus napjának fényét, am-ikor az már lenyugodott, holdként világítva be az európai kö-zépkor sötét éjszakáját".

Eukleidész, Vitruvius, Héron, Philon és más szerzők mű-veinek nagy részét arab kéziratokból a 12-13. században for-dították latinra Spanyolországban. Az arabok saját hozzájá-rulásaiból elég megemlíteni, hogy Al Chvarizmi (800 körül) nemcsak az indiai algebrát közvetítette, könyve először tar-talmaz szögfüggvény-táblázatokat, a sinus szó is abból ke-rült a latinba, sőt: az algoritmus szó is innen, nevének la-tinos átírásából (Algoritmi) ered. Al Dzsazariban pedig Heron automatáinak továbbfejlesztőjét, az első olyan mérnö-köt tisztelhetjük; aki valamennyi műszerét sajátkezűleg elő-állította, működésükről meggyőződött, leírásai alapján azok rekonstruálhatók (műk. 1180-1206).

Az arab technika különösen a vegyészet terén hatott Európára. Nemcsak a kémia, hanem számos vegyület neve (al-kohol, nátron, szóda, kámfor, bórax, cukor) arab eredetű, nem is szólva az elixir vagy szörp elnevezésekről és vegyi készülékekéről (lombik). Az általuk bevezetett eljárások közül a szeszleparlás, az amalgámzás, higanyszublimálás ér-demel említést. Geber (Dzsáfár) 8. századi vegyész timsó-desztillálásával kénsavat, salétrom és kénsav desztillálá-sából salétromsavat állított elő, őneki tulajdonítják a ki-rályvíz feltalálását.

Az arabok ismerték - bár ehhez indiai nyersacélból kell-lett kiindulniuk - a vas superképlékeny állapotban való megmunkálását. Az ún. damascén kardpengék hallatlan kemény-ségük mellett spirálisan feltekerhetők. Az acélt három kris-tályrendszer alkotja, a vasé, a széné mikroszkópikus gyé-mántok alakjában és a cementit (Fe₃C), keménységét a má-sodik tényező idézi elő. Ám sem ezt az eljárást, sem a ma-roquin bőr technikáját nem adták át Európának.

Az építészetben a csúcsíves technikát a maguk részéről a mélyépítésben fejlesztették tovább: hatalmas hidak épül-tek így, pl. a Tigris felett átívelő Hisn-Kafya-i híd (1115), melynek négy nyílása 22, 40, 22 és 15 m fesztávú volt.

Befejezésül hadd álljon itt, hogy az araboknak köszön-hetjük a verselés technikájának egy azóta nélkülözhetetlen-é vált kellékét: a rimet.

7.3 Az európai technika első forradalma

Az antik technika maradványainak, a barbár népek hozománnyának és a keletről átvett technikai újításoknak ötvözete jelentette azt a bázist, melyből Nyugat-Európa saját műsza-ki kultúrája kisarjadt. Ez a folyamat a termelő tevékeny-ségek túlsúlyát képező földművelésben vette kezdetét.

7.3.1 Mezőgazdasági technika

Minden nagyszabású ipari fellendülés alapvető feltéte-le a mezőgazdasági termelékenység növekedése. Ez szó szerint is értendő: minél kevesebb paraszt lássa el minél több váro-si ill. ipart űző ember élelmezését; de a hatékonyság más mutatóira is áll: minél kisebb területről minél több élelem származzék, azonos mennyiségű vetőmag minél nagyobb hozamot szolgáltasson. A felszabaduló munkaerő, föld, energia érté-keesebb hovafoordítása a mindenkori társadalom kulcsproblémá-ja.

A nehézeke bevezetése, a vaseszközök terjedése, a ló új fogatolási módjának széles körű alkalmazása a földműve-lésben kedvező feltételeket teremtett a korszak legfontosabb újítása, a hármás vetésforgó bevezetése számára. A talaj tápsókban való elszegényedése régóta arra készítette a pa-rasztokat, hogy a föld ugaron hagyásával azt másodévenként legelőként hasznosítsák. Már az aratás technikája is - sar-lóval a gabonaszár felső részét vágták csak le, a kaszával füvet vágtak - erre a szándékra utalt; az állatokat ráhaj-tották a földre, trágyájuk feljavította azt. Azonban így a földek 50%-a termett csak, ami elfáradással és a lakosság szaporodását tekintve megoldhatatlan dilemmával járt. A kényeszerű kiút, a legelők területének csökkentése megint csak a haszonállat állományban csökkenést és trágyahiányt okozott.

A hármás vetésforgó ebben a kényeserhelyzetben szüle-tett. Azzal magyarázzák, hogy a javuló klíma miatt elter-jedt az őszi vetés szokása, egyidejűleg pedig a lótartás megkövetelte a zab, az ember fehérjeigénye pedig a hüvelye-sek fokozott termesztését. Így alakult ki az őszi vetés - tavaszi vetés - ugar hármás forgója az alábbi séma szerint:

	1. év	2. év	3. év	4. év=1. év
1. föld	---	xxx	ooo	---
2. föld	xxx	ooo	---	xxx
3. föld	ooo	---	xxx	ooo
őszi vetés:	---			
tavaszi " :		xxx		
ugar		ooo		

Eszerint a hasznosított vetésterület 50%-ról 60%-ra növekedett. Ősszel búzát, rozst vetettek, tavasszal zabot, árpát vagy babot, borsót, lencsét; a kiésző legelőt a zab pótolta, az ugart is felszántották tavasszal. A vetésforgó csökkentette az időjárás kockázatát, egyenletesebbé tette a paraszt munkaterhelését az év folyamán. Mellesleg a rendszer elterjedése lasan ment végbe. 800 körüli kezdetektől több száz év is eltelt, míg Angliába a 12., Svédországba és szláv országokba a 13. században eljutott; Magyarországon van rá adat 1086-ból, de utána 1355-ig nem igazolható.

Az agrártermelés változatosságát növelte a helyi adottságok szerinti specializálódás: új területeken kezdtek bort termelni (Rajna, Hegyalja), ipari növényeket termesztettek (festőcsülleng Pikardiában, Tübingiában). Emellett egyes országok állattenyésztésre specializálódtak egyértelműen exportcélzattal; Anglia, később Spanyolország hatalmas gyapjú, Magyarország marha- (élőállat-) kivitelre állt rá.

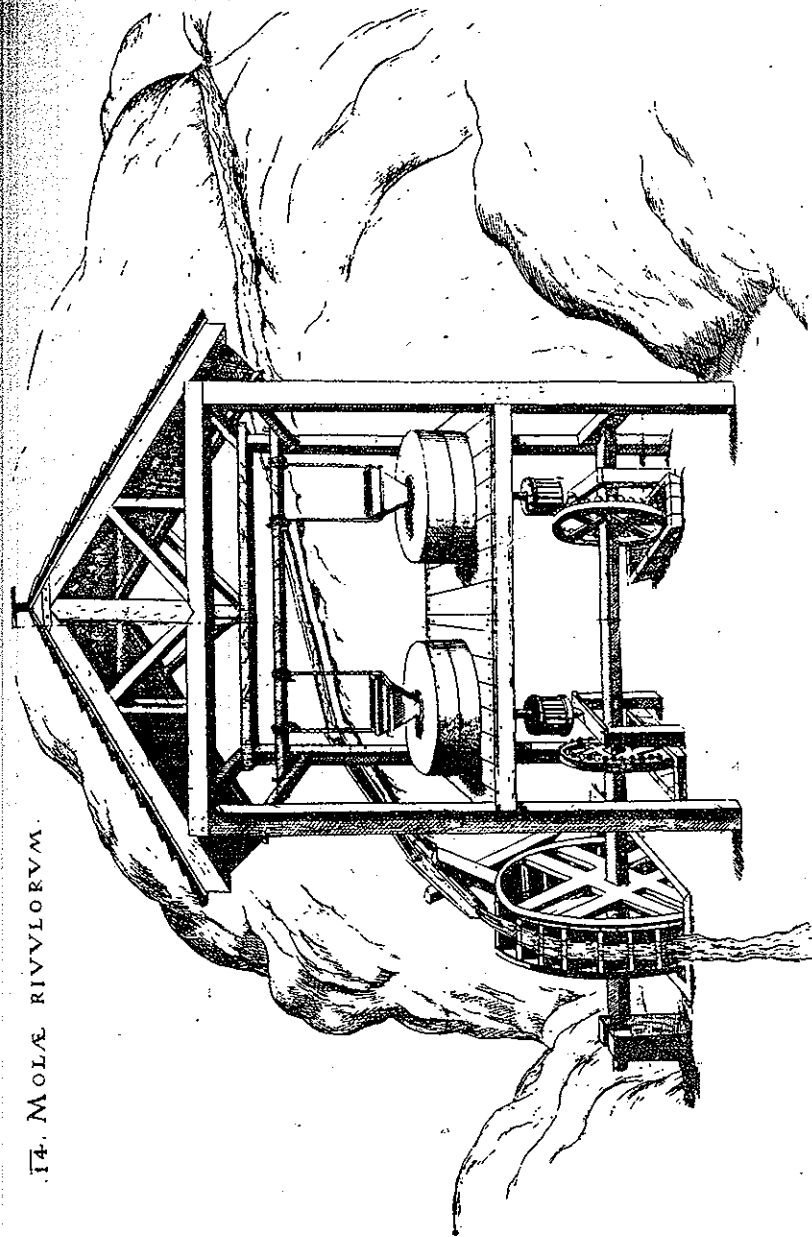
A tudományos kísérletezés kezdeményezését Baconnak vagy Gallileinek szokás tulajdonítani. Pedig a mezőgazdaságban Walter de Henley a 13. század derekán párhuzamos mezőkön végzett kísérleteket a jobb terméshozam érdekében. Pl. a vásárolt (idegen földben termett) vetőmag előnyeinek bizonyításáról így ír: "Szent Mihálykor végy idegenből magot... azonos napon vedd el saját magóddal szomszédos földön a vásárolt magvakat. Aratáskor kitűnő termésed lesz, ami igazamat bizonyítja".

7.3.2 Energia

Amiként az ipari forradalom kiteljesedését egy már korábban ismert erőgép, a gőzgép elterjedéséhez fűzik, azonképpen a középkori Európa mezőgazdasági és ipari termelésének növekvő energiaigényét is erőgép oldotta meg: a malom. Noha az ókor végén már több mint fél évezredes múltja volt, a vízimalom változatai csak a korszak végén keletkeztek, általános elterjedése pedig már a középkor első felében következett be. Az első felülcsapó malmok mai ismereteink szerint az athéniagorán üzemeltek (457-73), körülbelül egyidejű a délf Francia Barbegalban kiásott 16 malomból állott együttes. 537-ben történt, hogy az ostromló gótok lezárták Róma vízellátását biztosító vezetékeket, mire az általuk hajtott malmok leálltak; Belizár hadvezér rendelkezésére az órlőberendezéseket kerekéstől a Tiberiszen hajókra szereltette; ez a hajómalom keletkezésének története.

7.3.3 A középkor vízimalma

Azt, hogy a barbár utódállamok átvették a rómaiaktól a malmot, a 6. századi gót és frank törvénykönyvek igazolják. A karoling időkben gyorsan terjedt és a 9. században gyakor-



7.5. ábra
Felülcsapó vízimalom
(14. sz.)

latilag nincs apátság, melynek saját malma ne lenne. A Bizáncorországon kívül Angliában 762-ből, Dániában 1000 körül, Magyarországán 1061-ből, Lengyelországban 1145-ből származik első írásos említésük (7.5. ábra).

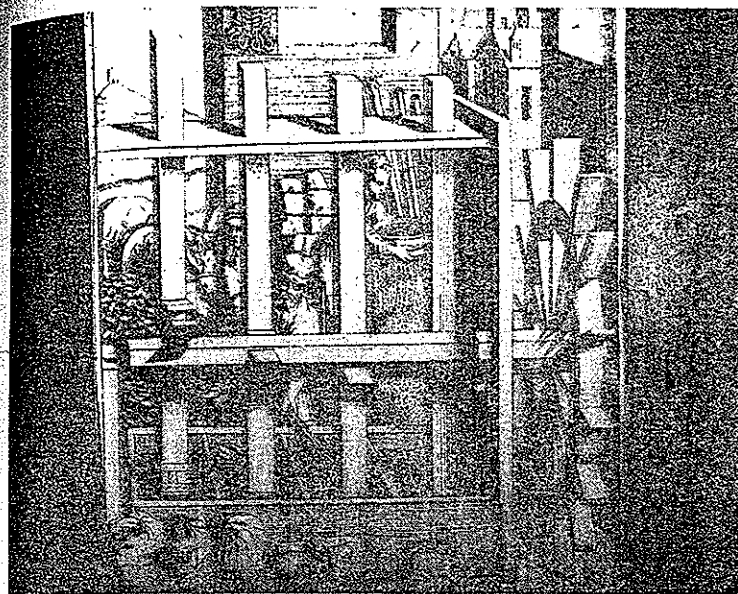
Rendkívül gyors elszaporodásuk a mezőgazdaság fellendülésével, a lakosság számszerű növekedését meghaladó arányban történt. Jellemző, hogy 1086-ban Anglia felmért 3000 helységében 5624 vízimalmot számláltak meg. Ezen a területen kerekén 1,4 millió ember élt, vagyis kb. 250 főre jutott egy malom. Hasonló nagyságrendű sűrűsége következett az 11.-12. századi magyar adatokból. Szélsőséges, de említést érdemlő példa a délfraancia Toulouse melletti Bazacle. Itt egy 400 m hosszú ferde gátat építettek – még 1177 előtt – a Garonne folyóba és azon 43 malmot helyeztek el, melyek még a 19. században is működtek, míg elektromos áramot fejlesztő malmok, Párizs mai Quartier Latin menti Szajnapart szakaszán telep került a helyükre. Városokban igen sűrűn sorakoztak a 59 malom tolongott, a hidak ívei alatt hajómalmok úsztak. (A Grand Pontnál 1323-ban 13.)

A vízerő hasznosításának jelentőségét akkor méltatjuk kellően, ha megtudjuk, hogy két fő kézimalom óránként 4,5-7 kg lisztet őrölt; míg egy 1-2 LE teljesítményű vízimalom – és ilyen lehetett a zömük – 150 kg/h teljesítményt produkált; emellett az ember 8-10 óránál tovább nem bírta a nehéz, monoton munkát, a vízimalom szükség esetén megállás nélkül őrölt. Ily módon kapacitása nem 20-30, hanem 50-80-szorosa volt a kézimalomnak.

Az antik időkől származó alul- és felülcsapó malomhoz és középkor elejei hajómalomhoz nem tudjuk mikor csatlakozott a derékcsapó kerékkel ellátott malom. Valamivel többet tudunk viszont a korszak egyik legnagyobb találmányáról, a bütökstengely keletkezéséről, amely a vízerő hasznosításának egészen új területeit nyitotta meg.

Előzménye és egyben hiányzó láncszem a lábbal működött emelőkaros mozsár, amilyent "pilae" megjelöléssel a kézimalmok mellett a 9. század elejei St. Galleni kolostortervben is feltüntettek. A rizskása törése Kínában korán arra vezetett, hogy a taposást vízszaggal helyettesítsék. A kétkarú emelő egyik végén a törő vagy kalapács, a másikon kanálszerű edény, melybe a víz addig folyt, míg súlya felemelte a zúzó eszközt. Ekkor kiömlött a víz és a törő rázuhant a mozsárban aprítandó anyagra. Ilyen eszközt tekinthetünk fel a szakaszos működésű malmok bevezetése előtt.

Valamikor a 9.-10. században felismerhették, hogy a törő felemelése úgy is megoldható, ha egy vízkerék tengelyére bütökstengelyt szerelnek, mely egy melléje helyezett függőleges kölyüt a rászert bütök révén emel ill. ejt vissza a mozsárba (7.6. ábra). Ebben a felismerésben szerepe lehetett Vitruvius hodométer leírásának, mely egyfogú fogaskereket alkalmaz – ami pedig nem más, mint a bütök. A függőlegesen mozgatott kölyüt körszegment mentén mozgatott kalapács, fújtatók, majd fűrész és más, még bonyolultabb műveletek gépe-



7.6. ábra
Bütökstengelyről hajtott kölyűsor (17. sz.)

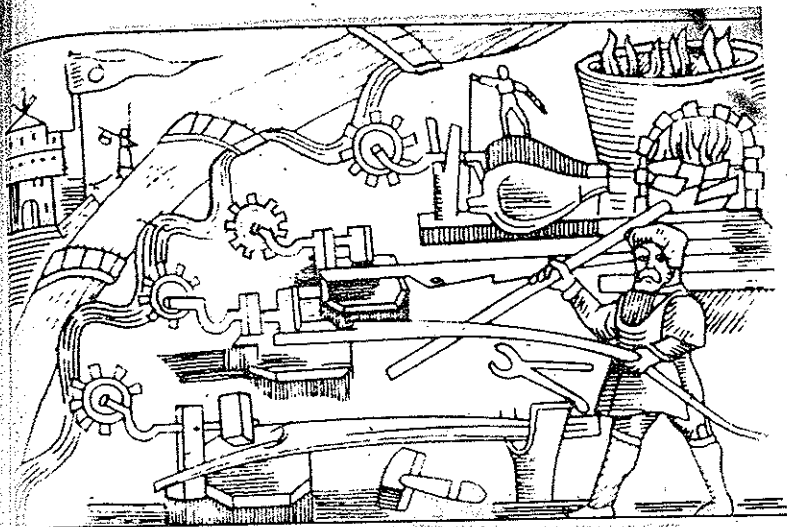
sítése követte. A 10.-13. század között szinte valamennyi ipari tevékenységben éreztette hatását a vízerő alkalmazása. Vegyük szemügyre az első okirati említések jegyzékét:

kalló (7.7. ábra)	985	Verona	textilipar
sörfőző-olajütő	987-96	É.Franciaország	élelmiszeripar
kendertörő	990	D.Franciaország	textilipar
vashámor (7.8. ábra)	1010-28	Németország	vasipar
lenvászönmosó	1040-79	É.Franciaország	textilipar
érctörő (7.6. ábra)	1135	É.Olaszország	vasipar
csertörő	1138	É.Franciaország	bőripar
cukornádsajtó	1176	É.Franciaország	élelmiszeripar
csiszoló, köszörű	1195	É.Franciaország	vasipar
fűrész	1204	É.Franciaország	faipar
fújtatók (7.9. ábra)	1214	Ausztria	vasipar
papírmalom (7.10. ábra)	1238	Spanyolország	papíripar
mustárörölő	1250	D.Franciaország	élelmiszeripar
máktörő	1251	É.Franciaország	élelmiszeripar



7.7. ábra
Kallómalom (17. sz.)

Meg kell jegyezni, hogy az északfrancia részesedés nem csak a jó dokumentálásnak és persze ipari góc jellegének köszönhető, hanem annak a körülménynek, hogy Szicília és Dél-Olaszország a 11. század óta normann tulajdonban van: valószínű, hogy pl. a cukornádprést onnan hozták. Azonban ez a lista csak érzékeltetni hivatott a víz-erő hasznosításának szerepét és korántsem teljes. Csak meg-
említjük a kásatorló, köleskásahántoló, sóórló, szecskázó, csüllengőrlő stb. malmokat, melyek keletkezése még tisztá-
zásra szorul, vagy a némileg későbbi vízajtotta szivattyú
(1315 Morvaország), eszterga (1347 D.Franciaország), drót-
húzó (1350 Nürnberg) és a külön méltatandó selyemcérnázó
(1276) találmányokat (7.11. ábra).
A vízerő első alkalmazói és terjesztői a kolostorok
- az első magyar említések (1015 malom, 1215 kalló) is szer-
zetesi tulajdonra vonatkoznak - sokoldalú hasznát a Clair-

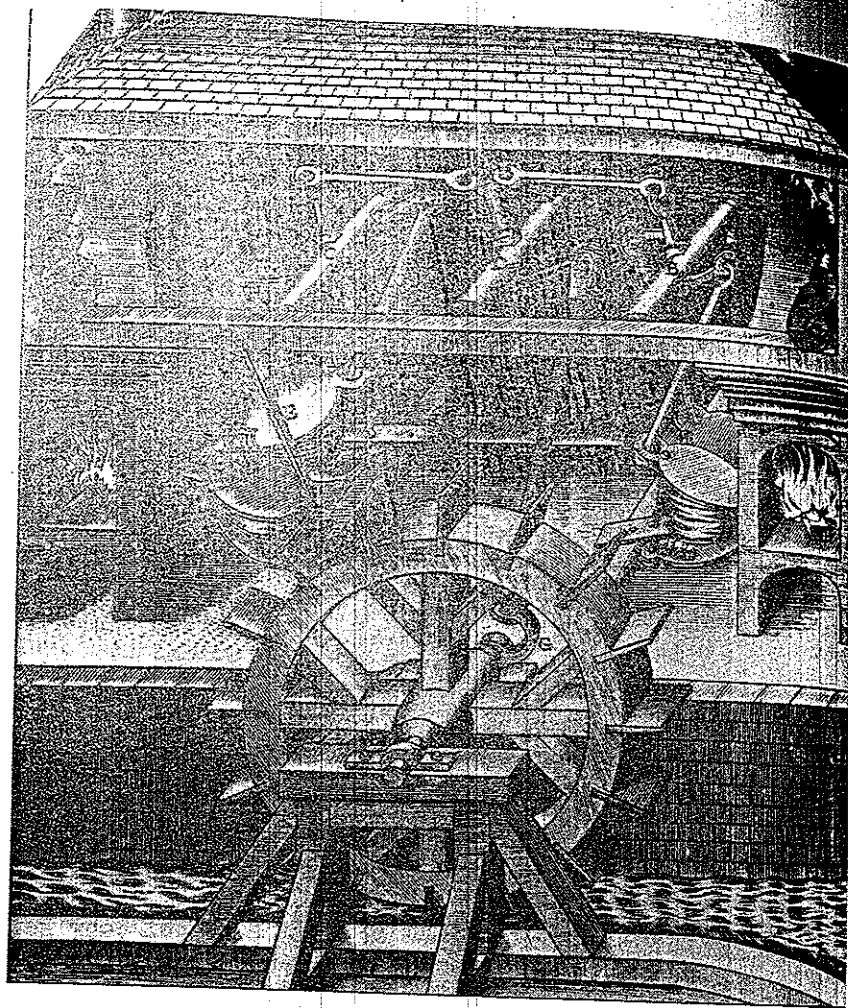


7.8. ábra
Vashámor (16. sz.)

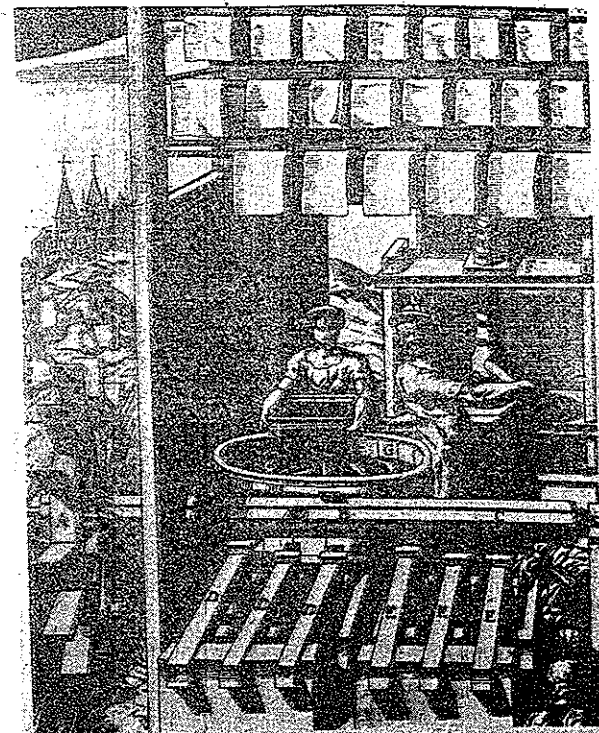
vaux-i apátság ismertetője így jellemzi: "... a folyó elő-
szőr hevesen a malomra veti magát, megőrli a gabonát a kö-
vek súlya által, és megmozgatja a finom szitát, hogy elvá-
lassza a lisztet a korpától. És máris a szomszédos épület-
ben van, ahol az üstbe ömlik, és a tűznek adja át magát,
hogy megfőve a szerzetesek sörét készítse elő... majd a kö-
zeli kallók vannak soron. Az imént még a barátok élelmével
volt elfoglalva, most a ruházódásukról gondoskodik. Sem-
mit sem tagad meg, amit tőle kérnek. Emeli és süllyeszt
a nehéz kölyüket, ezeket a kalapácsokat vagy jobban mondva,
e falábakat, és nagy fáradságot takarít meg a barátoknak...
innen távozva a tímárműhelybe ömlik, ahol a szerzetesek ci-
pőjéhez való bőrt készíti ki, majd ... sok ágra bomlik,
hogy különböző szolgálatokat láthasson el, legyen az főzés,
szitálás, öntözés, mosás vagy őrlés... s végül hogy teljes-
sé tegye munkáját, elhordja a szennyet..."

Egyidejűleg terjedni kezdett egy vízkeréktípus, mely-
nek ősi voltához ugyan nem fér kétség - kezdetlegessége jó-
val kevesebb hozzáértést igényel - a horizontális vízkerék.
A vertikális tengelyre szerelik mind a ferde lapátokat,
mind az őrlőköveket, nincs tehát szükség fogaskerékáttétel-
re. Első igazolását azonban csak 900 körül egy ír törvény-
könyv nyújtja. Minthogy csak 0,5-1 LE teljesítményű volt
és fordulatszáma is alacsony maradt, a perifériákon maradt
csak meg. A közelmúltig működtek alpesi völgyekben, Skandi-
náviában, a Shetland szigeteken és a Balkánon. Csak a 16.
században javították meg hatásukat kanalas lapátkerékkel:
ebből fejlődött ki utóbb a turbina.

A vízimalomnak még egy, sajátosan az Atlanti partok-
ra jellemző típusa keletkezett a középkorban: az ár-apály

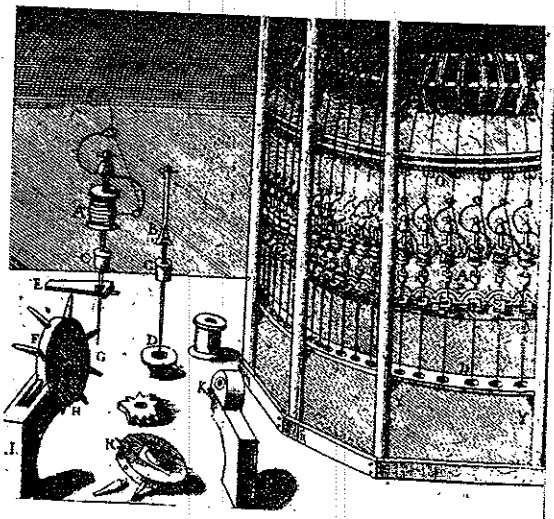
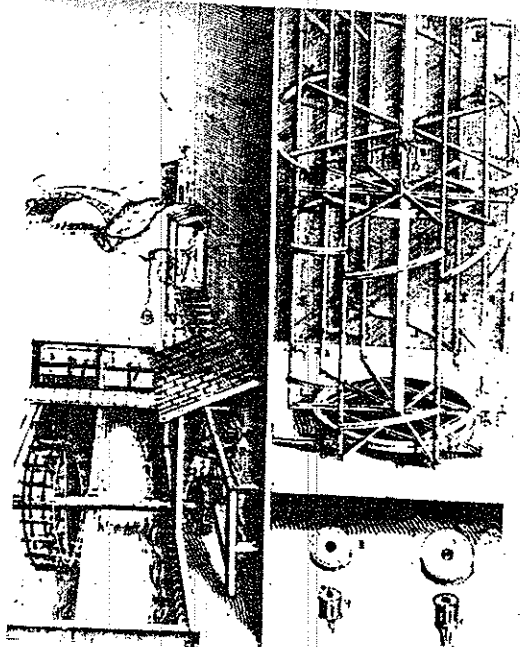


7.9. ábra
Vízajtotta fűjtatók (16. sz.)



FAPÍRMALOM ALULCSAPOTT VÍZKERÉKKEL, és bátykőszegelyvel (c) a kalapácsok (d, e) emelésére és ejtésére. A kalapácsok pépet szűrték a rongyot. Ezután a pépet vízbe (g) öntötték, szűréssel lecsűrték, majd prés alatt papírlapokká szűrték (f). A lapokat keretben szárították. Az ábrát Georg Andreas Böhler *Theatrum mechaniarum novarum* című, 1662-ben kiadott művéből származik.

7.10. ábra
Papírmalom (17. sz.)

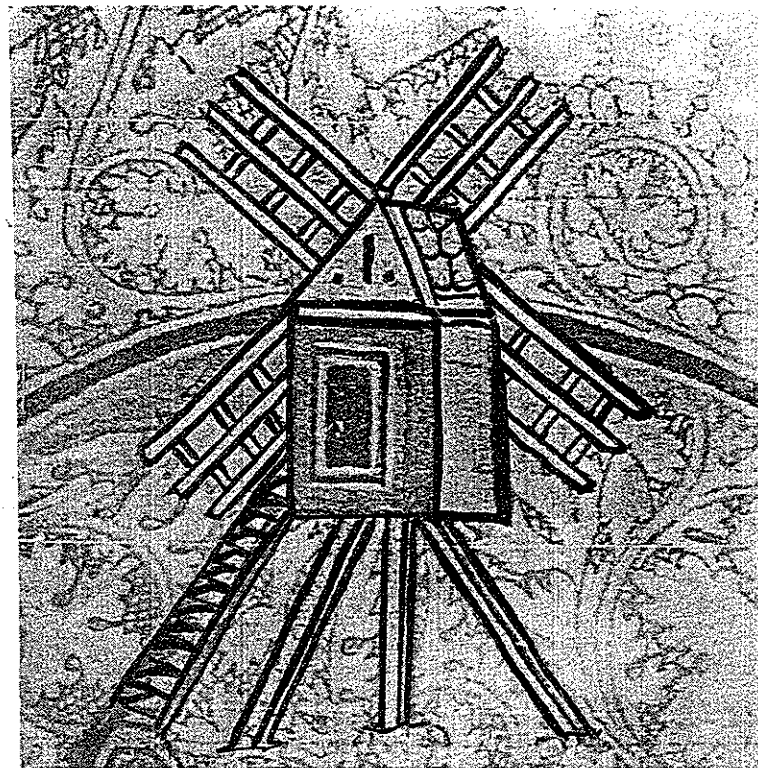


7.11. ábra
Selyemcérnázó malom meghajtása és orsósorai (1607)

malom. Itt ugyanis 10-15 m-es szintkülönbségek is rendszeresek, úgyhogy különösen folyók torkolataiban korán létesítettek ilyen malmokat, sőt duzzasztókat. Igaz, az első hír a velencei lagunából származik (1044), de érdemi folytatása e fejleménynek nem volt. Ezzel szemben Bayonne-ban (1124), Essexben (1135), majd az angol és francia tengerpart számos pontján keletkeztek ár-apály malmok. Angliában 1300-ban legalább 38, és 1936-ban még 10 működött, egyikük máig is üzemképes (Eling Tide Mill).

7.3.4 Más energiaforrások

Nem a középkor az első időszak, mely kihasználja a szél erejét. Azonban, hogy a vitorla szilárd földön végezen munkát, az az "energiaéhes középkori társadalom" (Lynn White) érdeme.



7.12. ábra
Szélmalom (14. sz.)

Több vitatható értékű forrás után Angliában 1170-85 és Németországban 1190 előtt valószínűsíthető a szélmalom használata (7.12. ábra). Előzőben bérleti szerződések maradtak fenn, ami hosszabb használatra engedélyeket tartalmaztak, azzal válik bizonyítottá, hogy a III. keresztény hadjárat szemanúja leírja, miként építették fel német katonák az első szélmalom Szíriában. A szélmalom hihetetlenül gyors terjedését támasztja alá III. Cölesztin pápa 1191-98 közötti elhatározása, hogy megadóztatja a tulajdonosokat. Különösen a gyors vízfolyásokat nélkülöző Németalföldön szaporodtak el, a 12. században már 120 szélmalom vitorlái forogtak egyedül Ypern határában. Hollandiában a gátak által visszahódított, a tenger szintje alatti területek víztelepítésében életfontosságú szerep jutott ezeknek az erőgépeknek. Persze utóbbiak egyszerű szélvetőkerek voltak – a szélkerék ugyanis vízkereket hajtott, mely a vizet egy magasabban fekvő csatornába dobja fel víztelepítés vagy öntözés céljából. Utóbb, és mindmáig, Archimedes-i csavarral pótolták e rossz hatásfokú eszközt. A malmok zöme azonban örölt, különösen télen vették hasznukat, amikor a vízfolyások befagytak; ostromlott várak, városok falaikra emeltek szélkereket.

Meg kell különböztetnünk a szélmalomok két csoportját: a bakos és tornyos szélmalomokat. Az elsők forgó cölöpön elforgathatók a szél irányába, tehát könnyű, fából készült, néha vályog malomház fölött működő szerkezetek. A tornyosok téglából épült többszintű épületek, melyeknek csupán a fedélszerkezete fordul el a szélkerékkel. Harmadikként felsorolhatnánk a mediterrán típusú, állandó szélirányt feltételező, elfordíthatatlan, kezdetleges típust: 8-10 latin vitorlával ellátott karja jóval kisebb hatékonyságot eredményez.

A szélmalom ugyanis 4 m/s szélsősebesség esetén – és ezt meghaladó erősségű szelet pl. Hollandiában évi 4440 órára becsülik – 18,5 m² vitorla ütközőfelületet feltételezve 11,2 LE teljesítményű. A középkori, szerényebb méretű malmok is legalább 4-6 LE-t képviseltek, ami az átlagos vízimalmom többszöröse volt. A múlt században – amikor Marx adata szerint (1836) 12000 szélmalom működött Hollandiában – a teljesítmény 20 LE feletti, kivételesen 50-60 LE is lehetett; de ez már a gőzgéppel folytatott verseny idejére esik.

A másik energiahordozó, amelyet a középkor felfedezett és ipari méretben hasznosításra fogott: a kőszén. A felszíni fejtésből – Angliában 6-15 m mélységig – bányászott nyersanyagot először a mészégetésben alkalmazták. London utcájegyzeke már 1226-ban feltüntet egy "Sea Coal" (tengeri szén), másképpen "Lime Burners" (mészégetők) sikátorát. Előző nevét onnan nyerte, hogy a durhami grófságban a tengerparton a hullámverés mosta ki a szenet a földből. 1234-ben a newcastle-i polgárok engedélyt kaptak a bányászásra, és rövidesen a vas kovácsolásban eminens szerephez jut, sőt

lakás fűtésére is használják. Így aztán London az első város, amelyben 1257-88 között a levegőszennyeződés miatti tiltakozás több ízben hangot kap.

A kémiailag kötött energia felfedezése is ebbe a korszakba esik. Amint említettük, a kínaiak ismertek robbanóelegyet, Bizáncban pedig 671-ben a szír Kallinikos feltalálta a görög tüzet, mely kőolaj, kén, gyanta, égetett mész keveréke volt és ezt kéziszivattyúkkal (vízipuskával) lángszóróként használták az ellenséggel szemben. A puszkapor és az ágyú feltalálásának kétes dicsősége Nyugat-Európáé. A puszkapor recepturája Roger Bacon egy 1242-re tehető kéziratából kihámozható, az ágyúzás első technikai leírását az 1326. évben írott Hokham Codex tartalmazza. Ebben még nyíll kilövést javasolja a szerző. Vasgolyókkal először Lucca ostrománál (1341) és a Crécy-i csatában (1346) tüzeltek.

A puszkapor békés alkalmazásának eszméje – pl. a bányászásban – ekkor még fel sem merült.

7.3.5 Erőátviteli módszerek

Az új energiaformák feltárásával párhuzamosan a régi erőforrások tudatos kiaknázása is fokozódott. Ez elsősorban egyszerű közlőművek feltalálásában manifesztálódott. Végső soron a ló szügyhámja, a malom bütökös tengelye is ilyen, de a racionalizálási hullám minden erő- és munkagépet elért.

Az egyszerű kézi forgattyú, bármily hihetetlenül hangzik, teljesen ismeretlen volt az antik világban, Kína viszont ismerte. A forgó mozgás előidézését a fazekaskorong lökdösésével, az orsó pörgetésével szakaszosan látta el az ókori ember, még a furást is az esztergához hasonlóan íjas eszközzel, alternáló mozgással tudta csak elképzelni. Érdekes, hogy még a középkor és újkori kézimalmok nagy részén is a mennyezetgerendának támasztott rúd töltötte be a hajtókar szerepét. A holtponton való túljutás ezeknél láthatóan problémát jelent. A forgattyú eleinte periférikus területeken tűnik fel. Először kőszőrűkövet hajtó fegyverkovácsot látnunk alkalmazóként az utrechti zsoldárban (816-34), majd tekerőlantot ismertet egy zenei traktátus (942). Bár a 10. századi fűrészmalom feltételezett létezése a forgattyú használatát implikálja, a műszaki irodalomba csak a 11. századi Schedula Diversarum Artium révén jutott. Később is csak lassan terjed el: a kézimalmok fogantyúja, a számszeríj feszítőszerkezete (14. század) után csak a 16. században lehet általános használatáról beszélni (7.13. ábra).

Szinte azonos kaptafára húzható a zsinórhajtás igen késői átvétele és lassú, tétovázó terjedése. Noha az ókori csigaszerkezetek látványa szinte kínálta a kötél-, zsinór- vagy éppen szíjmeghajtásnak forgó áttételekre való alkalmazását, a keleti textilművelés know-how átvétele keretében került csak sorra. Akkor, amikor a pamutszövetek térhódítása, különösen a barhant divatja következtében a hindu fo-

csok hajtása most már vízkerék révén történ. A kézikalapács helyett akár 500 kg, később 1-1,5 tonna súlyú kalapács megkönnyítette a munkát: 20-30 ütés helyett percnként 60-120 ütést is mért az állón fekvő munkadarabra a vízajtotta 300 kg-os kalapács. Ilyen üzemeket céhes kovácsok aligha tudtak fenntartani; tulajdonosaik a kolostorok voltak, különösen a ciszterciták jártak élen ilyen kovácsműhelyek (fr. forge) létrehozásában, melyek mérete vetekedett a temploméval.

A bucakemencék többnyire 0,5-1 m magasságúak voltak úgy, hogy az alig 0,5 m³-es olvasztótérben 5-10 kg-os bucakat nyertek, s ez most növekedésnek indult. A Saarvidéken 1,5 m magas, kónikus testű kemence került elő a 11. századból. A 13-16. század között nemcsak a 3-3,5 m-es magasságot érték el a kohók, hanem sor került - legkésőbb a 14. században - az öntöttvas gyártására is. Mai ismereteink szerint 1340 körül Liegeben állították fel az első nagyolvasztót, onnan terjedt el ismerete ágyuk, ágyugolyók, később csövek, sütőrostok, kandallólapok készülnek belőle, később csövek, kohó keletkezését 1380-ra teszik.

Egyidejűleg más ércek és fémek feltárása is folyt: 698 óta a Harz hegység réz-, ezüst- és ólomerei, 1136-ban a szász Freiberg ezüst-, majd a kárpátok arany- és ezüst-, és végül a svéd Stora Kopparberg rézbányái váltak ismertté. A színesfémek ötvözeteinek széles körű alkalmazása ebben a korban alakult ki. A bronzot most kezdték módszeresen nagy objektumok öntésére alkalmazni: a bizánci bronzkapu-öntés technológiája Dél-Itáliából terjedt át egész Európára a 11-12. században, Theophilus írja le a harangöntés technikáját, a 13. században az ágyuöntés következik. A sárgarézt öntése (réz és cink némi ólommal, ónnal) hosszú ideig a belga Dinant város kiváltsága, gyertyatartók, csillárok, edények, mozsarak, súlyok, csapok, kilincsek készülnek belőle a 12. század óta mindmáig. Az ónnak - a polgár ezüstjének - evőeszközök és asztali étkészletek gyanánt való felhasználása a 13. századi Nürnbergből indulhatott ki. E technika csúcsteljesítménye az ónkannak centrifugálöntése: a tengelye körül nagy sebességgel forgatott formába öntötték a folyékony önt (ill. ólom, réz, antimon fémekkel alkotott ötvözeteit). Ekkor keletkezik a betűfém ötvözet is, ólom és ón alacsony hőmérsékleten oldódó elegye, melyet ekkor (13-14. század) zarándokjelvények és olcsó bzsuk gyártására használtak.

A jólét csúcspontján az olasz városok felújítottak egy antik közgazdasági és technikai hagyományt: Genova és Firenze 1252-ben, utóbb Franciaország (1266) és Velence (1284) aranypénzt veretett és ezzel az európai monetáris rendszert ártért a bimetalizmusra.

A fémipar fejlődését még néhány jellemző változás egészítette ki. A vasipar ráállt acéllemezek gyártására, formázására és csiszolására: a lovak gyűrűkből összeillesz-

tezt pánceleit a 14. században fokozatosan felváltotta az egész testet beborító pánccél, gyakran a lovat is ilyen védte. Azonban a vas- és rézhuzal tömeggyártása is most oldódott meg: legkésőbb 1360-ban, alighanem Nürnbergben megtalálják a hintás dróthúzás módszerét, mellyel a vízenergia hasznosítását erre a technológiára is sikerült kiterjeszteni.

Ez a kor vezeti be az acélrugó használatát energiátárolóként. Az 1100 körül feltűnő számszerijon laprugók adják a hallatlan átütőerejű nyílvevessző hatását; a lateráni zsinat már 1139-ben tiltja használatát. A 14. században megjelenik a spirálrugó is, először zárban és lakatban - később kézfegyverekben, ahová a lakat elnevezést is magával vitte, végül órákban.

Egy olyan termelési elv érvényesülése is ebben a korban szakban valósult meg, melyet egy mentális gátlás valamiképpen elnyomott mindaddig. Az asszociációs hézag, amely az emberi képzelőerőt távol tartotta attól, hogy egy energiaforrásról több szerszámot is lehessen hajtani, annál is kevésbé érthető, mivel ősidők óta ismert volt a két tilinkón való játszás, két orsó egyidejű fonása. Mégis, hogy a nagy erejű felülcsapó malom két pár malomkővet hajthatna, sokáig fel sem vetődött. Márpedig a technikai fejlődés legfontosabb ágához, az automatikus gépéhez és a szabályozórendszer koncepciójához ez a kezdő lépés hiányzott.

Bizonyára már a 11-12. században tudatossá vált, hogy a külyüt emelő bütyök munkája végeztével tétlenül forog, miáltal a malomkerék (az őrléssel ellentétes módon) is üresen jár a fordulat nagyobb hányadában. Ez nemcsak a munka hatékonyságát rontotta (fujtató esetén az elért hőmérséklet is visszaesett), hanem az erőgép teljes szerkezetében rángató, egyenetlen mozgást, vibrációkat okozott. Legkésőbb a 12. századra tehető az a technológiailag előre meghatározottnak tetsző lépés, hogy ugyanarra a tengelyre 180°-os szögben kettő, majd 120°-os szögben három bütyköt szereltek, talán először egyetlen küllő, kalapács vagy más szerszám működtetésére, majd egymás mellett helyeztek el többet. Ezzel megtisztult a perspektíva, és megindulhatott a fejlődés a többi, majd sokszerszámú gépek fejlődése irányában. A kölyüsorok mellett legpregnansabb képviselői az 1222-ben Jean de Garland szótárában először szereplő sokorsós cernázókerekek.

Hamarosan felszabadultak a képzetek, és az egyöntetű párhuzamos műveletek után megtalálták a módját egymástól különböző munkák végzésének (pl. egy tengelyről hajtott kölyüsor és fujtatók), és ami ennél súlyosabban esik latba: differenciált egyidejű mozgáselemek összehangolásának. Ennek prototípusát látjuk Villard de Honnecourt fűrésznél, amelynek fel s alá mozgó fűrészlappal szinkronikusan tolja előre a gépezet a farönköt. Innen már csak egy rövid lépés a szabályozás iránti igény felmerüléséig.

függőleges kiterjedésük tekintetében felülmúlnak minden ókori létesítményt. Pedig az eszközei alig tökéletesedtek legfeljebb a körfűrészek, vésők kiképzése, edzése javult meg. Viszont talán éppen ez teszi lehetővé értékeiből, keményebb kőzetfajták alkalmazását, miáltal a falvastagság csökkent, a magasság pedig nőhet. A késői román és a gótikus csöktesztet stílusára oly jellemző könnyed és merész konstrukciók, világos belső terek a minden eddiginél kisebb anyagfelhasználást biztosító tervezési módnak köszönhetőek.

A technikai forradalom a statikai elvek újszerűségében nyilvánul meg. A keletről átvett csúcsív először csak dekoratív szerepet visz, később a boltzat és bordázat tökétesedése révén hordozó feladata előtérbe kerül. Ugyanakkor a 12. században a hatalmassá növekvő ablakok érdekében a támpillérek és támivek rendszere részben pótolja a fal funkcióját. Az ablakok gazdagon kialakított kőkerete, az ablakrőzsa, a kő megmunkálásának azóta sem megközelített tökélyére vezetett, és egyben az üvegtechnika szinte előzmény nélküli ki-fejlődésével járt. Ekkor születik meg – alighanem keleti hatásra – a csigalépcső mind a templomban, mind a polgári épületekben, a fedett, majd nyílt erkély és a vízköpő (gar-gouille).

A polgári építkezésben is sok újítással találkozunk: megszületik a kémény, a cserépkályha, a tetőfedésben a félhengerpalást alakú római cserép mellett feltűnik a lapos cserép, a réz- és ólomtető.

A téglából rakott kályha Svájcban a 9. század óta, a csempe (szemes) kályha a 14. század óta egész Közép-Európában kimutatható. Nem érdektelen, hogy a legkorábbi fennmaradt kályhacsempek a budai várban kerültek elő. A nyílt tűzhely mellett ismerték a padlófűtés és az izzított kövek felett létesített légárammal való fűtést is; ilyen a lüneburgi városházában (1230) fenn is maradt. A marlbork-i várban (1325) a háború előtt még ép fűtésrendszerrel kísérletet is végeztek: még 10 nappal a tűz eloltása után is 38^o-os léghezettel lehetett felmelegíteni a termeket. Az első öntöttvas tűzhelyburkoló lemez kb. 1325-ből származik.

7.3.8 Közlekedés

Joggal feltételezik, hogy a középkori hajózás döntő változása a viking és arab kalózkalandozások csillapodásával az élelmezési távkereskedelem fellendülésének köszönhető. A 11-12. században a nyugatfrancia borexport Angliába és Flandriába irányult, ellentételként gabona- és gyapjúszállítványok és a tengeri kereskedelmet kiegészítő folyami hajózás a champagne-i vásárookra, a Rajnán, Schelden, Masson és Weseren indult meg.

Az utóbbi a hajóvontatás tökéletesedését (lófogatolás) és a malomjog szabályozását követelte meg; az előbbi viszont egy új hajótípust. A vikingek ugyan ismerték a szélesebb,

zömökebb, keresztmerezítőkkel szilárdabbá tett teherhajótípust is (Knarr), ne felejtsük el, hogy Izland már a 11. században posztóexportőr volt, és hogy Hódító Vilmos nagy lovashadsereggel kelt át a Csatornán. (A lovak feje jól látható egykorú híres bayeux-i kárpiton a hajók oldala felett.)

Az új hajótípus azonban a francia nef-ből a Hanza városok által a 12. században kifejlesztett kogge. Az átvette a viking hajó gerincére épült bókonyait, az egymást részben fedő palánkok (klinker) rendszerét, a nef mélyenjáró öblös hajótestét, mindkettőtől a négyszögletes vitorlát és új szerzeményként 1180 előtt csatlakozik ezekhez a tatkor-mány.

Az ókori és viking hajót a jobb (vagy mindkét) oldalon tartott nagyobb evezőkkel kormányozták. Kínában a legrégibb dzsunkaábrázolások is tatfelépítménnyel és fartőkormánnyal jelennek meg – feltehetően ezért ír Marco Polo is meglepetten az "egyetlen kormánylapátról" –, egy 1237. évbéli arab miniatúra pedig tatkormánnyal ellátott perzsa öbölbeli hajót örökít meg. Eldöntetlen tehát a kérdés: a Balti vagy Északi tenger körzetében önállóan keletkezett-e ez a fontos újítás, mely a nagy felületű vitorlázat alkalmazása előtt megnyitotta az utat, vagy keleti átvétel; a fordított irányú befolyás e korban még valószínűtlen.

A 12. századi koggekon megjelennek az orr és tat feletti felépítmények, a castellumok (bástyák) és az árbócosár a hozzávezető kötélhágcsóval. Fontos, hogy a mélymerülésű hajó teljes felületét fedélzet borította és hasznos terhe – a viking teherhajók 24 t-jával szemben – 100-200 t-t is kitett. Egy krónikás a 13. században álmélkodva jegyzi fel, hogy akár 300 embert is elbír egy kogge, kettő pedig annyi gabonát szállíthat, hogy Rigát megmenthetné az éhínségtől.

A Földközi tengerben az ókori gályák leszármazottai mellett ugyancsak elterjedt egy nehéz, mélyjáratú vitorlás, de többárbcos hajó, a karakk. Vitorlái eleinte kizárólag latin (háromszögletű), később keverten kereszt (téglalap) vitorlák. 400 t-ig terjedő terhet bír el a 14. században. Alighanem ilyen karakkok szállították pl. Szt. Lajos kereszt-hadait (148-70) a Szentföldre; a legnagyobb 36 m hosszú volt, előárbcos 25, főárbcos 23 m magas volt, a legénységen és katonákon kívül 50 lovat szállított hevedereken felfüggesztve, nehogy a tenger hánkolódása kárt tegyen bennük.

A hajózás gyors fejlődése szükségessé tette és egyben azt meg is gyorsította a navigációs módszerek kibontakozása. A navigáció két eleme: a hajó tartózkodásának földrajzi meghatározása és annak a térképen való pontos azonosítása műszereket és méretarányos térképet igényelt. A legfontosabb műszer, az iránytű – jóllehet használata jóslás céljaira már a 11. században, navigáció céljaira a 12. század elején Kínában már ismert volt – ismét csak önálló európai találmánynak tűnik, de 1180 előtt nem igazolható. Ez persze nem volt elég, hiszen csak a hosszúsági helyzet megha-

függőleges kiterjedésük tekintetében felülmúlnak minden ókori létesítményt. Pedig az eszközei alig tökéletesedtek legfeljebb a körfűrészek, vésők kiképzése, edzése javult meg. Viszont talán éppen ez teszi lehetővé értékesebb, keményebb kőzetfajták alkalmazását, miáltal a falvastagság csökken, a magasság pedig nőhet. A késői román és a gótikus építészeti stílusára oly jellemző könnyed és merész konstrukciók, világos belső terek ennek a minden eddiginél kisebb anyagfelhasználást biztosító tervezési módnak köszönhetők.

A technikai forradalom a statikai elvek újszerűségében nyilvánul meg. A keletről átvett csúcsív először csak dekoratív szerepet visz, később a boltozat és bordázat tökéletesedése révén hordozó feladata előtérbe kerül. Ugyanakkor a 12. században a hatalmassá növekvő ablakok érdekében a támpillérek és tárnokok rendszere részben pótolja a fal funkcióját. Az ablakok gazdagon kialakított kőkerete, az ablakrózsa, a kő megmunkálásának azóta sem megközelített tökélyére vezetett, és egyben az üvegtechnika szinte előzmény nélküli ki-fejlődésével járt. Ekkor születik meg – alighanem keleti hatásra – a csigalépcső mind a templomban, mind a polgári épületekben, a fedett, majd nyílt erkély és a vízköpő (gar-gouille).

A polgári építkezésben is sok újítással találkozunk: megszületik a kémény, a cserépkályha, a tetőfedésben a félhengerpalást alakú római cserép mellett feltűnik a lapos cserép, a réz- és ólomtető.

A téglából rakott kályha Svájcban a 9. század óta, a csempe (szemes) kályha a 14. század óta egész Közép-Európában kimutatható. Nem érdektelen, hogy a legkorábbi fennmaradt kályhacsempek a budai várban kerültek elő. A nyílt tűzhely mellett ismerték a padlófűtés és az izzított kövek felett létesített légárammal való fűtést is; ilyen a lüneburgi városházában (1230) fenn is maradt. A marlbork-i várban (1325) a háború előtt még ép fűtésrendszerrel kísérletet is végeztek: még 10 nappal a tűz eloltása után is 38°-os léghuzattal lehetett felmelegíteni a termeket. Az első öntöttvas tűzhelyburkoló lemez kb. 1325-ből származik.

7.3.8 Közlekedés

Joggal feltételezzük, hogy a középkori hajózás döntő változása a viking és arab kalózkalandozások csillapodásával az élelmezési távkereskedelem fellendülésének köszönhető. A 11-12. században a nyugatfrancia borexport Angliába és Flandriába irányult, ellentételként gabona- és gyapjúszállítmányok és a tengeri kereskedelmet kiegészítő folyami hajózás a champagne-i vásárookra, a Rajnán, Schelden, Masson és Weseren indult meg.

Az utóbbi a hajóvontatás tökéletesedését (lófogatolás) és a malomjog szabályozását követelte meg; az előbbi viszont egy új hajótípust. A vikingek ugyan ismerték a szélesebb,

zömökebb, keresztmerezítőkkel szilárdabbá tett teherhajótípust is (Knarr), ne felejtsük el, hogy Izland már a 11. században posztóexportőr volt, és hogy Hódító Vilmos nagy lovashadsereggel kelt át a Csatornán. (A lovak feje jól látható egykorú híres bayeux-i kárpiton a hajók oldala felett.)

Az új hajótípus azonban a francia nef-ből a Hanza városok által a 12. században kifejlesztett kogge. Az átvett a viking hajó gerincére épült bókonyait, az egymást részben fedő palánkok (klinker) rendszerét, a nef mélyenjáró öblös hajótestét, mindkettőtől a négyszögletes vitorlát és új szerzeményként 1180 előtt csatlakozik ezekhez a tatkor-mány.

Az ókori és viking hajót a jobb (vagy mindkét) oldalon tartott nagyobb evezőkkel kormányozták. Kínában a legrégebbi dzsunkaábrázolások is tatfelépítménnyel és fartökormánnyal jelennek meg – feltehetően ezért ír Marco Polo is meglepetten az "egyetlen kormánylapátról" –, egy 1237. évbéli arab miniatura pedig tatkormánnyal ellátott perzsa öbölbeli hajót örökít meg. Eldöntetlen tehát a kérdés: a Balti vagy északi tenger körzetében önállóan keletkezett-e ez a fontos újítás, mely a nagy felületű vitorlázat alkalmazása előtt megnyitotta az utat, vagy keleti átvétel; a fordított irányú befolyás e korban még valószínűtlen.

A 12. századi koggekon megjelennek az orr és tat feletti felépítmények, a castellumok (bástyák) és az árbócosár a hozzávezető kötélhágcsóval. Fontos, hogy a mélymerülésű hajó teljes felületét fedélzet borította és hasznos terhe – a viking teherhajók 24 t-jával szemben – 100-200 t-t is kitett. Egy krónikás a 13. században álmélkodva jegyzi fel, hogy akár 300 embert is elbír egy kogge, kettő pedig annyi gabonát szállíthat, hogy Rigát megmenthetné az éhínségtől.

A Földközi tengerben az ókori gályák leszármazottai mellett ugyancsak elterjedt egy nehéz, mélyjárátú vitorlás, de többárbócos hajó, a karakk. Vitorlái eleinte kizárólag latin (háromszögletű), később keverten kereszt (téglalap) vitorlák. 400 t-ig terjedő terhet bír el a 14. században. Alighanem ilyen karakkok szállították pl. Szt. Lajos kereszt-hadait (148-70) a Szentföldre; a legnagyobb 36 m hosszú volt, előárbóca 25, főárbóca 23 m magas volt, a legénységen és katonákon kívül 50 lovat szállított hevedereken felfüggesztve, nehogy a tenger hánnykolódása kárt tegyen bennük.

A hajózás gyors fejlődése szükségessé tette és egyben azt meg is gyorsította a navigációs módszerek kibontakozása. A navigáció két eleme: a hajó tartózkodásának földrajzi meghatározása és annak a térképen való pontos azonosítása műszereket és méretarányos térképet igényelt. A legfontosabb műszer, az iránytű – jóllehet használata jóslás céljaira már a 11. században, navigáció céljaira a 12. század elején Kínában már ismert volt – ismét csak önálló európai találmánynak tűnik, de 1180 előtt nem igazolható. Ez per-sze nem volt elég, hiszen csak a hosszúsági helyzet megha-

tározását tette lehetővé. Az asztrolábium, bár az ókor óta ismerték és az arabok ismét közvetítették Nyugatnak, eleinte csak időmérőként és asztronómiai (tudományos) segédlegként szerepelt, ezért a jakab-bot (baculus astronomicus) a quadráns és sextáns előde szolgálta a 14. század eleje óta a csillagok állásának meghatározását. Ehhez járult egy idejűleg a még tárgyalandó kerékes óra.

A térképek tekintetében 1300 körül teljesen új szakasz kezdődik, a protolano-térkép idősza, mely a nyílt-tengeri hajózást kíséri. A portolanó arról ismerhető fel, hogy a mai partvonal-ismereteinkhez már erősen hasonlítanak, több partjukon 8, 16 vagy 32 sugarú szélrózsák helyezkednek el, melyek az egész térképet behálózzák. Ezek az irányítóképek csak a tengerpartot dolgozzák fel, ebben igen pontosak, a szárazföldek belsejére csak utalásokat tartalmaznak. A korai példányok genovai, katalán eredetűek, felvannak. Segítségükkel vált lehetségessé a partmenti hajózás fokozatos feladása. 1354-ben aragóniai IV. Péter kötelezte tengerészeit térkép használatára.

A római városalapítások sakktáblaszerű elrendezésében szerepe volt a nagy terhek szállítására használt négykerékű kocsi képtelensége a befordulásra. A barbár népek jórészt visszahátráltak a kétkerekű taligához, a terheket nagyrészt öszvérrel, lóval hordatták és ez hozzájárult a városi utcavonalakat követelt meg az ósi ökrös szekér: Mekka alaprajza érzékelteti ezt. Keleten az 5. század óta a teve domesztikálása és teherállatként való alkalmazása járt hasonló hatással. Azonban növekvő súlyrakományok háztól házig való szállítása szárazföldön mozgékony jármű létrehozását diktálta. Legkésőbb a 14. század első felében elfordítható első tengellyel egybeszerelt rúddal ellátott kocsi találtak fel. Ez 1350 előtt Nyugat-Európában nem tűnik fel, ezért nem lehetetlen, hogy a kocsi- és hintógyártásról később is híres magyar iparosok terméke volt.

Fontos teherszállító eszköz volt a talicska, a 12-13. század találmánya. Eredetileg valószínűleg kétkerekű tolokocsi volt, erre utal a francia brouette (bi-rouette = kétkerekű) elnevezése, és a magyar kifejezés taligával való rokonsága is. A jól kezelhető, 70 kg súlyig terhelhető közlekedési eszköz a 13. században tűnik fel képen és szövegben egyaránt.

7.3.9 A textilipar

Láttuk, hogy a keleti hatások milyen mély nyomokat hagytak a textíliák előállításának a rómaiak által átörökölt technikáján. Az új nyersanyagok, a pamut és selyem a fonástól a kikészítésig új szerszámokkal gazdagították és

legfőképpen jobb termelékenységgel növelték a termelőerők választékát. Ehhez járul egy új, eddig nem ismert keletre készülő eljárás, mely mai ismeretünk szerint a közel-keletről származik: a kötés. Az első (nubiai) leletek kötött harisnyák, kesztyűk a 4-5. századból valók. Az első nyugat-európai előfordulások a 13-14. századra tehetőek.

Az önálló európai fejlesztés legkorábbi jelei már regisztráltak, a vízimalmok textilipari változatai, a kallók, törők, vászonmosók 30-40 ember nehéz és monoton munkáját pótolták (10-12. század). Azonban a keletről jött innovációk továbbfejlesztése is számottevő, máig ható műszaki elveket valósított meg.

Ilyen mindenekei előtt az elemi textíliák párhuzamosítását célzó kártolás feltalálása. Míg a fésülés (gerebenezés) a szálanyag hosszú szögek közé való csapdosásával a felület párhuzamosítás mellett a rövid szálak kiválasztását szolgálja, a fémtűs kártolás – ahogyan pl. egy chartres-i szobron (13. század) látjuk – az egyenletes fonál ma is nélkülözhetetlen előkészítő műveletévé vált.

Még fontosabbá vált a szakaszos, tehát gyalogorsóval, fonókerékkel végzett fonást ekkor első ízben pótló rokka, mely egyidejűleg végzi a fonál sodrását és felcsévéelését. Noha első ábrázolása 15. századi északnémet, toszkánai 14. századi eredetű mellett számos érv szól. A szárnyasorsó és cséve eltérő fordulatszámra, a két művelet szinkron elvégzését lehetővé teszi, a még érintendő selyemcérnázó malom működési elvétől vezethető le.

A szövés előkészítésében a selyemtechnológia megteremkenyítette a gyapjú és lenfeldolgozását, így pl. a felvetőkeretet motolla váltja fel, szokásossá válik az ily módon felvetett (szövésre előkészített) láncfonal irezése. A döntő hatású változást azonban a lábitós szövőszék továbbfejlesztése okozta.

Az ókor óta a 2-2,5 m szélességben álló szövőszéken gyártott nyersposztót kallózni kellett, hogy nemezszerű sűrűségét elnyerje s közben 1,4-1,6 m szélességűre zsugorodott. Minthogy egy takács lábitós széken csak 0,5-0,7 m széles szövetet tudott előállítani, kétszemélyes posztószéket találtak fel – valószínűleg Flandriában, a 11-12. század idején –, ami a szövés termelékenységét csaknem duplájára növelte.

A szövés egy másik területe, a mintázás módja is tovább fejlődött. A selyem damasztészék arab közvetítéssel vert gyökeret Itáliában és Ibériában, ahol már a 13. században önálló stílust alkottak, mely végül új termékekben jutott kifejezésre. Gyökeresen európai találmány és keleten nemsokára keresett importcikk az északolasz városok mintás bársonya.

7.3.10 Más iparágak

A vegyészeti ismereteket alkímia és pragmatikus módon is továbbfejlesztette. A desztilláció vízűtéses megoldását éteri olajokra alkalmazva 1300 körül leírás örizte meg. E korban – és talán a salernoi orvosi iskolának köszönhetően – jelenik meg az aqua vita, borpárlatként orvosság mezében. Általános elterjedését egyengette a nagy pestisjárvány, amikor ellenszerek használtak.

De tökéletesedik a robbanóanyagok kémiaja is. A Bacon-féle recept (7 rész salétrom, 5 rész mogyorófaszén, 5 rész kén) gyűjtnyilak készítésére szolgálhatott, de 1379-ben már rakétát hajtottak vele, 1403-ban robbantásra használták. A korai ágyuk nem sok kárt tettek az ellenségben, ezt egy velencei krónikás a német lövegekről, Cividale del Friuli ostromáról (1331) ki is emeli. (Más kérdés, hogy lélektani hatásuk jelentős volt és 1360 óta, amikor a Lübeck-i város háza felrobbant, sűrűsödnek a balesetek.)

A vegyipar más területein is számottevő újdonságokkal találkozunk. Az üvegyártás pl. Velencében, a rekeszománc-készítés Orosz- és később Franciaországban magas tőkélyre emelkedett. Theophilus Presbyter adja először egy üvegekemen- részletes leírását (1120 k.) és leírja az új mesterség, a színes üveglakok készítésének fogásait. Az ólomfoglatat adaptálásával jött létre és terjedt el (először Franciaországban) 1330 körül a holdüveg (Butzenscheibe), 8-10 cm-es kerek, egyenetlen üvegorongókból összeállított ablaküveg. Beauvais-i Vince az első, aki 1254-ben említ foncsorozott tükröt; addig csiszolt fémtükröket használtak.

Alignanem Olaszországban kell keresnünk az üvegyártás legbonyolultabb eredményének, a lencsecsiszolás, tehát a szemüveg eredetét is. Egy olasz prédikátor 1305-ben azt állítja, nincs hús éve annak, hogy feltalálták őket. A 13. században a muranoi üveghuta volt a legnagyobb és képes arra, hogy teljesen átlátszó buborékmentes üveget állítson elő és a csiszolás is velencei-toszkánai környezetben állt a legmagasabb színvonalon.

7.3.11 Túl a feudalizmuson

Súlyos következményekkel jár, ha a társadalmi viszonyok és a termelőerők állapota nincsenek összhangban. A termelőerők elmaradása társadalmi konfliktusokat okoz, de mi történik, ha a technika – néhány termelési góc meggyorsult fejlődése következtében – a társadalmi igényeket meghaladó teljesítményeket produkál.

Ez történt a középkor derekán. Vannak jelenségek, amelyek – ha elszigeteltek is – túlmutatnak a feudális társadalom szükségletei által meghatározott premiszszákon, s ezért időtlenül hatnak benne (a szó eredeti értelmében).

Ilyen monstrum a Luccában a 13. század második felében feltalált, megvalósított, és évtizedeken belül a környező olasz selyemtermelő városokban (minden titoktartási rendszabály ellenére) elterjedt selyemcérnázó malom.

A Franciaországban, Kölnben, Bruges-ben is használt többorsós, kézzel hajtott cérnázókból származtatható gépet víz hajtotta. Az első sokszerszámú munkagép egyesítette a malom erőátviteli rendszerének, valamint a kerekes órának az elvét, magas színvonalú szinkronikusan működő gépezete sok szempontból tekinthető prototípusnak. Mivel a laza selyemszálak sodratadását és felcsévézését származórsó végzi, a rokkát anticipálja; mivel egy központi motolláról hajt meg többszáz orsót és kis motollát, Arkwright watergépének előképe: tudjuk is róla, hogy a derbyi filatóriumot megtekinthette, mielőtt munkához látott.

Az üvegcsészékben forgó orsócsapok, a cserélhető ólomnehezékekkel ellátott huzalszárnyak, a technikatörténet első excentere, a sokezer szabványos méretű alkatrészéből álló gép műszaki bonyolultsági foka meghaladja a 18. századi ipari forradalom első fonodai gépeiét a szelfaktorig. Kiszolgálására néhány tanulatlan lány elegendő volt; 10-20 orsót, sőt durvább fonalak esetében 25-50 orsót lehetett egyikükre bízni, és mivel a cérnázás sebessége a kézzel végzett dupláját elérte, a termelékenység nagyságrendekkel megugrott. A gép drága volt, de a selyem is, amelyet feldolgoztak rajta, és ami a legfontosabb, tökéletesen egyenetlen sodratot lehetett elérni általa.

Mumford vélekedése szerint a kapitalizmust sokkal inkább jellemzi az óra, mint a gőzgép. Ha a feudális, mezőgazdaságon alapuló társadalmat tekintjük, bizony inkább a naptárt választanánk időmérőjéül.

Nem is volt más eszköze a középkor emberének a 13. századig, csak amit az antik örökségből vett át: a napóra és a vízóra. Még a homokóra sem létezett, és valószínű, hogy csak a navigációs módszerek 13. századi látványos javulásával hozható összefüggésbe feltűnése; első ábrázolása 1338-ból való, tehát későbbi, mint a kerekesóráé.

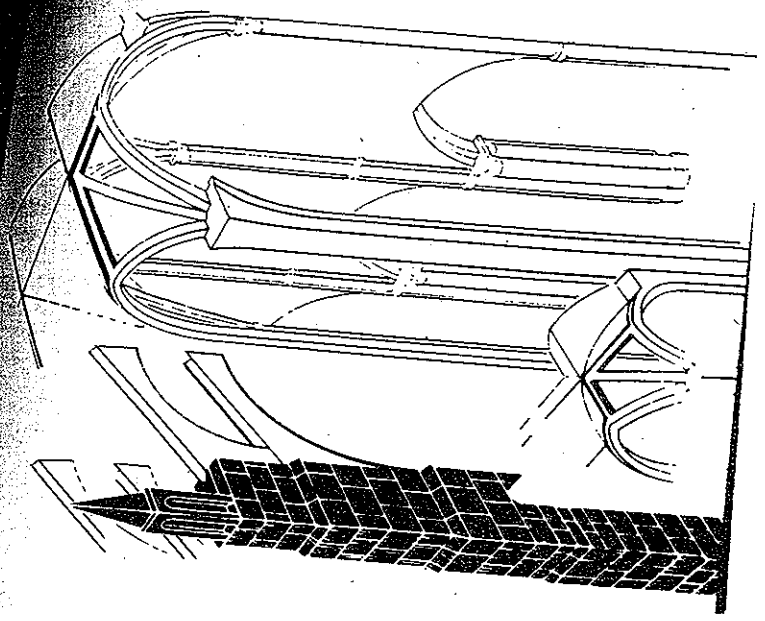
A klepsydra, az antik vízóra egyrészt használhatatlanná vált az északi országokban, hiszen hideg esetén befagyott, másrészt pedig pontatlan volt. Minthogy a kifolyó víz sebessége a hidrosztatikai nyomás négyzetgyökével arányos, viszont a felső tartályban a nyomás (a vízszint) fokozatosan csökken, a rendszer működése nem lineáris. A problémát a kínaiak különböző elmés megoldásokkal hidalták át. X. (Bölcs) Alfonz olyan 12 kamrára osztott forgó hengert alkalmazott, amelyben higany folyt át az egyik kamrából a szomszédosba, s ezáltal a tömegközéppont fokozatosan áthelyeződött (1256). Ilyen "ébredő klepsydra" spanyol kolostorokban a múlt századig használatos volt. De az igazi kerekesóra még késett.

1271-ben Robert I'Angalais már visszatekint a számtalan kísérletre, és lemondóan állapítja meg, hogy az aszt-

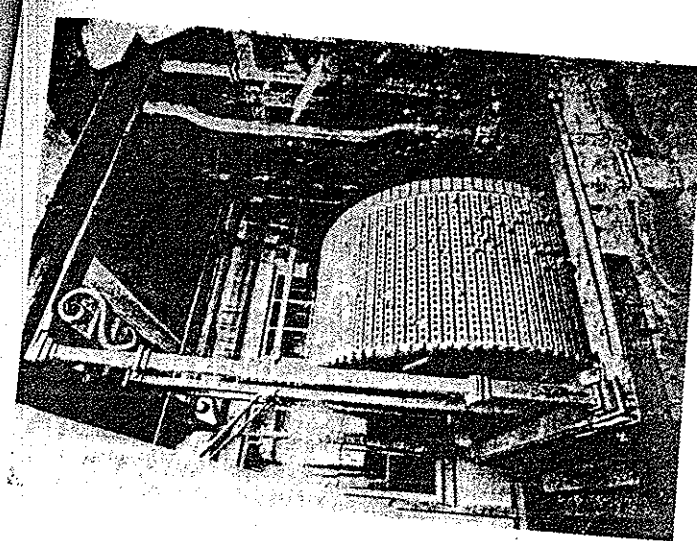
...-a 14. század a bonyolult, nagyszabású körű megszerkesztése. Ez a gátlószerkezet hiányzó szerkezet a foliot-gátlóművet találták fel ekkor. Ez a gátlósúly egyenletes sebességű meghajtás, tehát kötélen levő ingáról van szó. Valószínűleg a gravitációs mozgásra való átalakítását vette végre lehetővé. vízszintesen mozgó ingáról van szó. Ez a gátlósúly egyenletes sebességű meghajtás, tehát kötélen levő ingáról van szó. Valószínűleg a gravitációs mozgásra való átalakítását vette végre lehetővé. vízszintesen mozgó ingáról van szó.

A 14. században fennmaradt toronyórák (Salisbury 1386, Rouen 1369, Wells 1392) ilyen súlyhajtású, foliotszabályzóval működő szerkezetek és ilyenek voltak a náluk korábban épített, a középkori műszerkészítés csúcspontjait képviselő Wallingford és Dondi-féle óraművek is.

Richard Wallingford és Dondi-féle óraművek is. Richard Wallingford és Dondi-féle óraművek is. Richard Wallingford és Dondi-féle óraművek is. Richard Wallingford és Dondi-féle óraművek is. Richard Wallingford és Dondi-féle óraművek is.



7.16. ábra
A vázszerkezetes építkezés elve és a támpillér



7.15. ábra
Dobon tárolt harangjáték program (16. sz.)

a nagy gótikus katedrálisok és monumentális világi építményeket lehetővé tevő építési elv feltaálása és alkalmazása a vázszerkezetes építkezés (7.16. ábra).

A tágas belső terekre való törekvés már a román stílus korszakban megmutatkozik, másrészt a csúcsív átvétele korábban való tényleges alkalmasságára csak az 1088-1121 közötti Cluny-i építési szakaszban bontakozik ki lassan és az 1135-ben induló St. Denis katedrális alkalmazásának először új koncepcióként. Ennek lényege, hogy az épület súlyelosztását erővonalakra bontja a középkor építésze, ezeket a kőváz bontásáig magasbaemelt tetőszerkezet, ill. mennyezet terhéig a falaknak semmilyen tartószerepe nem jut, s így az abszolút pillérek feladata a boltozatok oldalnyomásának felvétele, a térhatároló fal tehermentesítése, aminek következtében az ablakok üvegsíkjává oldódhat fel. Azonban a bordanyalábos pillérek kiinduló karcsú bordaszerkezet, a hálós mennyezet, a díszes zárókövel, a karcsú támpilléreken nyugvó támpillérek nem elsősorban egy esztétikus törekvés kifejezői, ahogy sajnos manapság tanítják, hanem egy statikai elv következetes alkalmazásai. Olyannyira, hogy a támpillérek és fialékesek (fiatornyok) sem díszek, hanem sokszor statikai kényszermegoldások. Ha kevésnek bizonyult a támpillér szilárdsága, mint 1316-ban a chartresi katedrális esetében, magasabbra emelték és egy harmadik ívvel támasztották meg, a fiale súlya pedig ugyancsak a pillér statikáját volt hivatva javítani.

A 12. században észbontó versengés indult meg a városok között a legnagyobb templom megépítéséért. A főhajó szélessége alig nőtt, belső magassága viszont 24 m-ről (Sens 1130) a párizsi Notre Dame (1163) 35 m magasságán keresztül, a beauvaisi (1247) 48 m-ig növekedett, egy mai 14 szintes ház magasságáig. A gyenge kő nem bírta a hallatlan súlyt, a szentély 1284-ben beomlott, az építkezés félbemaradt. Később (1573) a 153 m magasra tervezett torony is összedőlt.

Számos nagy templomépítkezést hagytak félbe a középkorban, egy részüket a 19. században fejezték be. Ilyen a legnagyobbként minősülő kölni dóm esete, ezt az eredeti tervek felhasználásával 1880-ban hozták végérvényesen tető alá: tornyai 157 m magasak, hossza 144 m és mindössze 407 000 m³ beépített tere 120 000 t kőből épült fel.

A vázszerkezetes építkezésnek köszönhető végső soron a gótikus kúpola megteremtése is, ahogyan azt a firenzei dómon a 91 m magas, 43 m fesztávolságú szögletes alaprajzra hengerfelületek egymáshoz illő szakaszaiból szerkesztett kúpola esetében belső állványozás nélkül Brunelleschi megvalósította. "Kettős héjazattal, összekapcsoló fémrudakkal és a héjazatok közé rejtett kitémasztó konzolokkal oldotta meg a mester... az építészettörténet talán legnehezebb feladatát" - írja erről Pogány Frigyes.

Társadalmi szükségletet képezett-e a francia székesegyházak vagy az olasz signoria-tornyok gigantikus méretezése? Állványosan nem; pusztán presztizsépítkezésnek tekinthetők, egymással rivalizáló városok hiúságának termékei.

1050-1350 között Franciaországban 80 katedrális, 500 nagy templomot és több tízezer falusi és kolostori templomot építettek. Norwichnak 50, Lincolnnak 49, Yorknak 41 temploma volt ebben a korban, holott lakosságuk 5-10 000 fő között ingadozott, tehát 100-200 hívőre jutott egy-egy istent háza. Sok városban oly nagy volt a főtemplom, hogy az egész lakosság részt vehetett volna a misén. Hasonlóan túltervezett számos városháza, posztócsarnok, várkastély.

Szent Bernát hiába ostromozta a hiúság és pazarlás e kőbe faragott megtestesítőit, "templomaitok roppant magasságát, szertelen hosszát, felesleges szélességét, drága csiszolt díszeit, különleges faragásait és képeit, melyek a hívek ámulatát hívják ki" és ezzel zárja lamentóját: "A templom arannyal vonja be köveit, gyermekeit pedig meztelenül hagyja járni."

7.4 A fejlődés megtorpanása

Egy tonna vas előállításához négy tonna érc kohósításiára, ehhez pedig 100 m³ fára volt szükség. Úgy becsülték, hogy 40 nap alatt egyetlen faszénégető telep 1 km körzetben irtotta ki az erdőt. A windsori kastély építéséhez valószínűsítéses kis erdőt, 3944 tölgyet vágtak ki. Egy erdő pusztulásáról azt írja 1323-ban egy angol kolostor apátja, hogy a 180 év során épült szél- és vízimalmok, valamint lakóházak okozták eltűnését. A Birmingham helyén volt erdő 1282-ben az ott működő 60 kovácsüzem fűtőanyagaként semmisült meg. 1230 óta Anglia építő-, majd tüzelőfa importot folytat Norvégia-Észak-Franciaországban oly drága már a fa, hogy a szegényeket kölcsönkoporsóban ravatalozzák fel. Olaszországban ekkor hallunk az első kötelező faültetési rendeletről. Ehhez járult a mezőgazdasági terület kényszerű növelése a gyorsan szaporodó lakosság miatt. Jellemző, hogy az erdő pótlásának igényét még Magyarország is érezte: egy 1262-ből származó Pozsony vármegyei oklevél tölgyerdő telepítéséről, egy 15. századbeli nürnbergi pedig Magyarországra irányuló fenyőmagexportról tudósít.

Az egyre nagyobb agglomerációs ellátást a kor műszaki színvonalán megoldani ugyancsak nem volt lehetséges. Párizs mintegy 200 000 lakosa egy esztendőben (1293) 500 birskát, 30 100 marhát, 19 600 borjút és 30 700 disznót fogyasztott. A hulladékot a Szajnába dobták, oda folyt a cserzővarrógák, festők, bőrgyártók szennyvize, nem szólva a csatornáról. Egy angol forrás a bőr- és söripar tevékenységével magyarázza a halak pusztulását. Mivel azonban a csatornaháló-

zat sehol sem volt általános, a hulladék és a szenny zóna az utcaárokban folydogált, és ahogyan az angol parlament 1388. évi első légszennyeződés elleni határozata kimondja "a levegő annyira romlott és mérgezett, hogy számtalan és elviselhetetlen ragály és kór dühöng naponta".

A környezet - maihoz persze nem hasonlítható mértékű károsodásához járult a klíma romlása, ebből következtek éhínségek és járványok. Az átlagos hőmérséklet csökkenésével hideg, esős nyarak következtek az utolsó évszázadok kedvező klímája után, és beköszöntöttek az első rossz termések, éhínségek. Az első ilyen egymást követő katasztrófális évsorozat 1315-17, Skóciától Itáliáig sújtotta Európát. Az iparosított Flandriában, mivel teljesen gabonaimportra szorult, különösen súlyos volt a helyzet; Ypermben 1316. május és szeptember között hetenként 190 ember halt éhen. Írországbán állítólag emberéves is előfordult.

A többször ismétlődő éhínségek után brutális erővel jelentkezett több hullámban 1319 óta a pestis, majd betetőzésül a nagy pestisjárvány, a fekete halál (1348-50). A lakosság száma drasztikusan visszaesik, a halottak száma 20-50% között ingadozik régiók és becslések szerint.

A ma általánosan elfogadott (Bennett-féle) becslés szerint Európa lakossága így alakult a krízis idejében:

1300	73 millió
1350	51 millió
1400	45 millió

Csupán 1550-ben érte el ismét Európa azt a trendet, amely a 14. században megszakadt, ekkor érte el lakosainak száma a 78 milliót.

Ehhez járulnak az éhínségekből kényszerűen következő devalvációs és a pénzgazdaság elméletében járatlan uralkodók által provokált tendenciák. A pestis utáni munkaerőhiány a feudális kötelek további lazulását, ennek ellentételeként súlyos megtorlásokat vont maga után. A gazdasági válság kielezi a lappangó társadalmi ellentéteket és kitörnek az első nagy paraszt- és munkásfelkelések (Jacquerie 1378, Wat Tyler, Ciompi 1381).

A 10-14. század közötti páratlan méretű fellendülés technikai forradalom volt, melyet néhány iparilag fejlett góc kedvező gazdasági és társadalmi klímája indított el, anticipálva a 18. századi ipari forradalom eredményét. A visszaesés katasztrófális méretei annak is tulajdoníthatók, hogy a műszaki forradalomból nem bontakozhatott ki ipari forradalom, mert - többek között -

- a társadalom jellege mezőgazdasági maradt;
- a tőke akkumuláció mezőgazdasági, háborús és presztizs célokat szolgált és nem ipari vállalkozást;
- nem alakult ki egységes piac;
- a társadalom mentalitása nem érett meg a feudális kötöttségek lerázására.

Labrousse azt állítja, hogy "a társadalmi szerkezet éppen olyan lassan követi a gazdaság átalakulását, mint a társadalom átalakulását a mentalitás". Ha pedig hozzáteszünk, hogy a gazdaság is éppoly vontatottan követi a technika fejlődését, akkor ezzel jellemeztük a társadalmi fejlődés tehetetlenségének láncreakcióját, mely az alap és felépítőmenny kötelező összhangját megbontva a középkor ipari forradalmát meghiusította, helyesebben 500 évvel elodázta.