

Povijest tehnike: bilješke za nastavu

Tihomir Vukelja

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Fizički odsjek

Druga inačica, od siječnja 2013.

Napomene i uvjeti korištenja:

Ovaj tekst čine bilješke za nastavu predmeta *Povijest tehnike* na *Integriranom preddiplomskom i diplomskom sveučilišnom studiju fizike i tehnike – smjer nastavnički* Fizičkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Ovdje skupljene bilješke su nepotpuni radni tekst, podložan dopunama i preinakama, ne pokrivaju čitavo gradivo kolegija, nisu recenzirane i sastavljene su na temelju dolje popisane literature.

Bilješke je dopušteno koristiti uz sljedeća ograničenja:

1. Bilješke su namijenjene isključivo studentima kao pomoć u pripremi ispita.
2. Dozvoljena je elektronska pohrana teksta za osobnu uporabu.
3. Dozvoljen je ispis manjih dijelova teksta na papir za osobnu uporabu. Nije dozvoljen ispis čitavih poglavlja ili čitavog teksta.
4. Nije dozvoljena nikakva redistribucija medija dobivenih pod (1) ili (2), kao ni prenošenje bilježaka u neki drugi oblik, elektronski ili tiskani.

Molim da mi primjedbe i eventualne greške javite na tvukelja@phy.hr

Literatura korištena u pripremi bilježaka:

- Arsuaga, J. L.:** *Ogrlica neandertalca – U potrazi za prvim misliocima*, Izvori, Zagreb, 2005.
- Basalla, G.:** *The Evolution of Technology*, Cambridge University Press, Cambridge, 1988.
- Bernal, J. D.:** *Science in History*, svezak 1. – *The Emergence of Science*, 3. izdanje, M.I.T. Press, Cambridge, MA, 1965.
- Bernal, J. D.:** *Science in History*, svezak 2. – *The Scientific and Industrial Revolutions*, 3. izdanje, M.I.T. Press, Cambridge, MA, 1965.
- Cardwell, D.:** *Wheels, Cloks, and Rockets – A History of Technology*, W. W. Norton & Company, London, 2001.
- Derry, T. K. i T. I. Williams:** *A Short History of Technology – From the Earliest Times to A.D. 1900*, 5. izdanje, Oxford University Press, Oxford, 1982.
- Friedell, E.:** *Povijest grčke kulture*, Izdanja ANTIBARBARUS, Zagreb, 2001.
- Gies, F. i J. Gies:** *Cathedral, Forge, and Waterwheel – Technology and Invention in Middle Ages*, HarperCollins, New York, 1994.
- Greene, M. T.:** *Natural Knowledge in Preclassical Antiquity*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1992.
- Hughes, T. P.:** *Human-Built World – How to Think about Technology and Culture*, The University of Chicago Press, Chicago, 2004.
- Ihde, D.:** *Technology and the Lifeworld – From Garden to Earth*, Indiana University Press, Indianapolis, 1990.
- James, P. i N. Thorpe:** *Drevni izumi*, Mozaik knjiga, Zagreb, 2007.
- Janković, I. i I. Karavanić:** *Osvit čovječanstva – Početci našega biološkog i kulturnog razvoja*, Školska knjiga, Zagreb, 2009.
- Karavanić, I.:** *Prapočetci religije – Simbolika i duhovnost u paleolitiku*, Školska knjiga, Zagreb, 2012.
- Kirby, R. S., S. Withington, A. B. Darling i F. G. Kilgour:** *Engineering in History*, McGraw-Hill, New York, 1956.
- Le Goff, J.:** *Civilizacija srednjovjekovnog Zapada*, Golden marketing, Zagreb, 1998.
- Lindberg, D. C.:** *The Beginnings of Western Science – The European Scientific Tradition in Philosophical, Religious, and Institutional Context, 600 B.C. to A.D. 1450*, The University of Chicago Press, Chicago, 1992.
- Lloyd, G. E. R.:** *Greek Science After Aristotle*, W. W. Norton, New York, 1973.
- Mahajan, S.:** *The Story of Inventions – From Antiquity to the Present*, Tandem Verlag, 2008.
- McClellan, J. E. III i H. Dorn:** *Science and Technology in World History – An Introduction*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1999.
- Pacey, A.:** *Technology in World Civilization*, MIT Press, Cambridge, MA, 1990.
- Rossi, P.:** *The Birth of Modern Science, The Making of Europe series* (J. Le Goff, ed.), Blackwell, Oxford, 2000.
- Sethe, P.:** *Epohe svjetske istorije – od Hamurabija do Kolumba*, Veselin Masleša, Sarajevo, 1963.
- Smith, M. R. i L. Marx (ur.):** *Does Technology Drive History? – The Dillema of Technological Determinism*, MIT Press, Cambridge, MA., 1994.

Wenke, R. J. i D. I. Olszewski: *Patterns in Prehistory – Humankind’s First Three Million Years*, 5. izdanje, Oxford University Press, New York, 2007.

Sadržaj

Uvod

| | |
|--|----|
| 1. Paleolitik | 9 |
| 1.1. Vremensko određenje | |
| 1.2. Životinje i oruđa | |
| 1.3. Rani hominini i oruđa | |
| 1.3.1. Prvi hominini | |
| 1.3.2. Australopitecini | |
| 1.3.3. Australopitecini i uporaba oruđa | |
| 1.4. Tehnika <i>Homo habilis</i> | |
| 1.4.1. <i>Homo habilis</i> | |
| 1.4.2. Oldovanska tehnika ili Tehnika I | |
| 1.5. Tehnika <i>Homo erectus</i> | |
| 1.5.1. <i>Homo erectus</i> | |
| 1.5.2. Ašelejenska tehnika ili Tehnika II | |
| 1.5.3. Koplja, vatra, nastambe, umjetnost, jezik | |
| 1.6. Tehnika neandertalaca | |
| 1.6.1. Arhaični <i>Homo sapiens</i> i neandertalac | |
| 1.6.2. Musterijenska kultura ili Tehnika III (srednji paleolitik) | |
| 1.6.3. Obradba drva, kosti i rogovlja | |
| 1.6.4. Pigmenti, ukrasi i glazbala – pitanje umjetnosti i religije | |
| 1.7. Moderni čovjek – <i>Homo sapiens sapiens</i> | |
| 1.8. Tehnika gornjega paleolitika ili Tehnika IV | |
| 1.8.1. Prijelazne kulture | |
| 1.8.2. Orinjasijenska kultura | |
| 1.8.3. Gravetijenska kultura | |
| 1.8.4. Solitrejenska kultura | |
| 1.8.5. Magdalenijenska kultura | |
| 1.9. Društvo lovaca-skupljača | |
| 1.10. Pitanje preobrazbe | |
| 2. Neolitik | 29 |
| 2.1. Neolitička revolucija | |
| 2.1.1. Bit neolitičke revolucije | |
| 2.1.2. Vremensko i prostorno određenje | |
| 2.2. Uzroci neolitičke revolucije – od paleolitika do neolitika | |
| 2.2.1. Život ljudi pred kraj posljednje oledbe | |
| 2.2.2. Protoneolitičke zajednice | |
| 2.2.3. Primjer Bliskog istoka: natufijenske kulture | |
| 2.2.4. Ratari i stočari | |
| 2.3. Proizvodnja hrane – temeljna neolitička tehnička inovacija | |
| 2.3.1. Udomaćivanje biljaka i poljodjelstvo | |
| 2.3.2. Neolitičko poljodjelsko oruđe | |
| 2.3.3. Udomaćivanje životinja | |

- 2.3.4. Transport
- 2.4. Ostale neolitičke tehničke novine
 - 2.4.1. Lončarstvo i nastambe od opeke
 - 2.4.2. Tkanje
 - 2.4.3. Uporaba kovina i rudarstvo
- 2.5. Društvene posljedice neolitičkoga načina života
 - 2.5.1. Promjene u prehrani
 - 2.5.2. Stalna naselja
 - 2.5.3. Vlasništvo, pljačke i ratovi
 - 2.5.4. Specijalizacija djelatnosti i raslojavanje društva
 - 2.5.5. Demografske promjene
 - 2.5.6. Prvi gradovi
 - 2.5.7. Izumiranje paleolitičkih skupina
 - 2.5.8. Odnosi među spolovima
 - 2.5.9. Religija
 - 2.5.10. Neolitička »astronomija«

3. Urbana revolucija i prve civilizacije

49

- 3.1. Urbana revolucija
- 3.2. Kroćenje rijeka
 - 3.2.1. *Hidraulička hipoteza o nastanku prvobitnih civilizacija*
- 3.3. Prvobitne civilizacije
 - 3.3.1. Mezopotamija
 - 3.3.2. Egipat
 - 3.3.3. Dolina rijeke Ind
 - 3.3.4. Kina
- 3.4. Pismo, račun i mjerenje vremena
 - 3.4.1. Pismo
 - 3.4.2. Račun
 - 3.4.3. Mjerenje vremena
- 3.5. Poljodjelstvo
 - 3.5.1. Navodnjavanje
 - 3.5.2. Plug, vol i jaram
 - 3.5.3. Fermentirana pića
- 3.6. Kovinarstvo i rudarstvo
 - 3.6.1. Bronca
 - 3.6.2. Kovano željezo
 - 3.6.3. Rudarenje
- 3.7. Graditeljstvo
 - 3.7.1. Pečene opeke
 - 3.7.2. Monumentalna arhitektura
 - 3.7.3. Ceste
- 3.8. Prijevoz
 - 3.8.1. Kotač
 - 3.8.2. Plovila
- 3.9. Vojna tehnika
 - 3.9.1. Bojna kola
 - 3.9.2. Oklopi
- 3.10. Razne izrađevine

- 3.10.1. Staklo
 - 3.10.2. Tkanine i tkalački stan
 - 3.10.3. Izvori energije
 - 3.10.4. Kozmetika
 - 3.10.5. Metalni novac
 - 3.11. Narav tehnike
4. Antika: tehnika i filozofija 71
- 4.1. Okolnosti nastanka helenske civilizacije
 - 4.1.1. Migracije Indoeuroljana
 - 4.1.2. Heleni
 - 4.1.3. Početak preobražaja
 - 4.1.4. Pismo i literatura
 - 4.1.5. Aristokracija i polis
 - 4.1.6. Specifičnosti helenske civilizacije
 - 4.2. Helenistička kultura
 - 4.3. Početak filozofije
 - 4.3.1. Veza s mitom, odnos nove i stare tradicije
 - 4.3.2. Oblikovanje ideje prirode i prirodnih zakona
 - 4.3.3. Spoznatljivost prirode i izdvajanje razuma
 - 4.3.4. Znanje kao vrednota
 - 4.4. Mišljenje antičkih filozofa i historičara o tehnici
 - 4.4.1. Antibanauzija
 - 4.4.2. Slobodna umijeća
 - 4.4.3. Tales
 - 4.4.4. Platon
 - 4.4.5. Aristotel
 - 4.4.6. Plutarh
 - 4.5. Aleksandrijska tradicija
 - 4.5.1. Promjena naravi matematike
 - 4.5.2. Pitagorejci i povezivanje filozofije, matematike i tehnike
 - 4.5.3. Platon i geometrijski red prirode
 - 4.5.4. Plodovi aleksandrijske tradicije
5. Antička mehanika i rimska tehnika 89
- 5.1. Rasprave o mehanici
 - 5.2. Postignuća antičke mehanike
 - 5.2.1. Katapult
 - 5.2.2. Vijak
 - 5.2.3. Crpka, vatrogasna štrcaljka i vodeni satovi
 - 5.2.4. Naprave za rasonodu
 - 5.2.5. Heronov »parni stroj«
 - 5.2.6. Prva »pruga«
 - 5.2.7. Modeli gibanja nebeskih tijela
 - 5.2.8. Orgulje
 - 5.2.9. Vjetrenjača
 - 5.2.10. Kardanski zglob
 - 5.3. Teorijska mehanika
 - 5.4. Rimljani

- 5.5. Rimska tehnika
 - 5.5.1. Poljodjelstvo – plug, pompejski mlin, žetelica
 - 5.5.2. Rudarstvo i kovinarstvo
 - 5.5.3. Industrijska proizvodnja
 - 5.5.4. Graditeljstvo
 - 5.5.5. Transport
 - 5.6. Razlozi sporog razvoja mehanike u antici
 - 5.6.1. Vodenica (i radilica?)
 - 5.6.2. Uloga ropskoga rada
 - 5.6.3. Uloga raspoloživosti i shvaćanja kapitala
 - 5.6.4. Uloga raspoloživih izvora energije
 - 5.6.5. Uloga ciljanoga tržišta
6. Kineska civilizacija: dinastija Sung 111
- 6.1. Uvod
 - 6.2. Dinastije Sung i narav kineskoga tradicionalnog društva
 - 6.2.1. Poljodjelstvo – gospodarski temelj procvata
 - 6.2.2. Konfucije
 - 6.2.3. Mandarinat, državni ispiti i posljedice
 - 6.2.4. Položaj inženjera, industrije i tehnike
 - 6.2.5. Narav kineske znanosti
 - 6.3. Procvat kineske tehnike
 - 6.3.1. Papirnati novac
 - 6.3.2. Papir i tisak
 - 6.3.3. Hidraulika
 - 6.3.4. Lončarstvo – porculan
 - 6.3.5. Tkanine – svila
 - 6.3.6. Kovinarstvo i rudarstvo
 - 6.3.7. Barut i vojna tehnika
 - 6.3.8. Kompas
 - 6.3.9. Brodogradnja
 - 6.3.10. Mehanika i mehanički sat
 - 6.3.11. Graditeljstvo
 - 6.4. Zastoj tijekom dinastije Ming
7. Islamska civilizacija 125
- 7.1. Nastanak arapske države
 - 7.2. Islamska civilizacija i grčka znanost
 - 7.2.1. Heleniziranje islamske civilizacije
 - 7.2.2. Poticaj za preuzimanje grčke znanosti
 - 7.2.3. Položaj grčke znanosti u islamskoj kulturi
 - 7.2.4. Narav islamske znanosti
 - 7.2.5. Propadanje islamske znanosti
 - 7.3. Islamska civilizacija i tehnika
 - 7.3.1. Poljodjelstvo
 - 7.3.2. Knjižnice i papir
 - 7.3.3. Kemija i alkemija
 - 7.3.4. Mehaničke inovacije
 - 7.3.5. Optika

- 7.3.6. Statika
- 7.3.7. Astrolab

- 8. Srednjovjekovna Europa i tehnika 134
 - 8.1. Vremensko i prostorno određenje »srednjega vijeka«
 - 8.2. Narav ranoga srednjeg vijeka
 - 8.2.1. Rimljani i barbari
 - 8.2.2. Tehničko nazadovanje Zapada
 - 8.3. Crkva i vjera
 - 8.3.1. Srednjovjekovna Crkva i prirodoslovlje
 - 8.3.2. Bog, Đavao i anđeli
 - 8.3.3. Simbolički mentalitet
 - 8.4. Srednjovjekovno gospodarstvo
 - 8.5. Narav i položaj tehnike u srednjem vijeku
 - 8.5.1. Tehnika i znanost
 - 8.5.2. Poticaji napretku
 - 8.5.3. Preprjeke napretku
 - 8.5.4. Pisani izvori
 - 8.5.5. Materijali: drvo, kamen i željezo
 - 8.6. Vojna tehnika i feudalni sustav
 - 8.6.1. Vitez na bojnom konju
 - 8.6.2. Odlike feudalnoga sustava
 - 8.6.3. Samostrijel
 - 8.7. Problemi u 14. stoljeću

- 9. Srednjovjekovna poljodjelska revolucija 152
 - 9.1. Sastavnice poljodjelske revolucije
 - 9.1.1. Teški plug
 - 9.1.2. Uprezanje i potkivanje konja
 - 9.1.3. Tropoljni sustav obrade tla
 - 9.1.4. Otvorena polja
 - 9.2. Demografski rast
 - 9.2.1. Graditeljski procvat
 - 9.2.2. Porast stanovništva
 - 9.2.3. Širenje kršćanskoga Zapada
 - 9.3. Obnova i uloga gradova
 - 9.3.1. Gospodarska uloga gradova
 - 9.3.2. »Trgovačka revolucija«
 - 9.3.3. Sveučilišta
 - 9.3.4. Zaokret prema realizmu i racionalizaciji života
 - 9.3.5. Prevoditeljski pokret
 - 9.3.6. Promjene u Crkvi

- 10. Dosezi srednjovjekovne tehnike 167
 - 10.1. Korištenje novih izvora energije
 - 10.1.1. Vodenica
 - 10.1.2. Vjetrenjača
 - 10.1.3. Plimni mlinovi
 - 10.2. Tekstilna industrija

- 10.3. Mehanika
 - 10.3.1. Radilica
 - 10.3.2. Bregasta osovina
 - 10.3.3. Tokarilica
 - 10.3.4. Lončarsko kolo
 - 10.3.5. Dizalice
 - 10.3.6. Mehanički sat
- 10.4. Bušotine, rudnici i kovinarstvo
 - 10.4.1. Kovano željezo
 - 10.4.2. Visoka peć i lijevano željezo
 - 10.4.3. Bušotine i rudnici
- 10.5. Barut i vatreno oružje
- 10.6. Brodogradnja
 - 10.6.1. Nove vrste brodova
 - 10.6.2. Kompas
 - 10.6.3. Krmeno kormilo
- 10.7. Graditeljstvo
- 10.8. Staklo i naočale
- 10.9. Papir

1. Paleolitik

1.1. Vremensko određenje

Pretpovijest je doba od pojave čovjeka, prije oko 2,5 milijuna godina, do nastanka prvih civilizacija, prije otprilike 5000 – 6000 godina, što je početak *povijesnog* razdoblja. Pretpovijesna tehnika je ostavila bogato nasljeđe materijalnih artefakata, koje je predmet arheoloških istraživanja. Povijest kao znanost se prije svega, premda ne isključivo, temelji na pisanim izvorima. Pretpovijesno razdoblje dijelimo na *paleolitik* i *neolitik*.

Paleolitik ili *staro kameno doba*, trajalo je preko 2 milijuna godina, od pojave čovjeka do kraja posljednjeg ledenog doba, prije otprilike 10 000 godina. Određuje ga jednostavno kameno oruđe oblikovano za prikupljanje i preradu prirodnih izvora hrane. Paleolitik se pak dijeli na *donji* (do prije 200 000 godina), *srednji* (od prije 200 000 godina do prije 40 000 godina) i *gornji* (od prije 40 000 godina do prije 10 000 godina).

Neolitik ili *mlađe kameno doba*, započinje na Bliskom istoku prije otprilike 10 000 godina. Određuje ga složenije kameno oruđe prilagođeno zahtjevima gospodarstva utemeljenog na proizvodnji hrane putem vrtlarstva i stočarstva.

Tehnika je tijekom pretpovijesti bila bitan element nomadskoga skupljačkog gospodarstva paleolitičkih društava i proizvodnje hrane u neolitičkim naseljima.

1.2. Životinje i oruđa

Nikakvo ljudsko društvo ne može opstati bez tehnike. Bit čovjekova načina opstanka je izradba i korištenje oruđa te kulturalno prenošenje tehnike (tj. poduka novih naraštaja). Štoviše, izradba i uporaba oruđa dugo je smatrana osnovnom razlikom između nas i ostatka živoga svijeta.

Korijen tehnike je u biološkoj evoluciji, koja je čovjeku dala dva ključna oruđa: slobodne ruke sposobne za hvatanje i govor. Osim toga, oruđa koriste i neke životinje, a kulturalno prenošenje tog umijeća s naraštaja na naraštaj se povremeno javlja među majmunima, napose čovjekolikim. Premda je uporaba oruđa primijećena kod više vrsta životinja, najčešće se radi o instinktivnom ponašanju. No čimpanze u divljini ponekad love termite pomoću grančice koju pripremaju u tu svrhu ili razbijaju ljuske plodova kamenom. To ponašanje nije instinktivno, već ga majke prenose na mladunce podukom. Stoga se ono mora smatrati kulturnom pojavom, koja uz to ima i regionalno obilježje jer je zamijećena samo kod nekih populacija. Čimpanze također posjeduju znanje o ljekovitim biljkama koje se prenosi

podukom. Zanimljiv je primjer ženke japanskog makakija koja je pijesak s krumpira bačenog na plažu počela uklanjati pranjem u moru, umjesto da ga zrnice po zrnice uklanja prstima. Također, odvajala je rižu od pijeska tako da mješavinu baci u more, pri čemu riža pluta, a pijesak tone, pa nije potrebno odvajati zrno po zrno riže. Obje su tehnike usvojili mlađi pripadnici skupine i starije ženke te su one prenesene novim naraštajima.

No važno je razlučiti uporabu oruđa od izradbe oruđa: neki se predmeti mogu rabiti kao alatke i prije nego što se oruđe počne namjenski izrađivati. Po svemu što znamo ljudi su jedina živa bića koja oblikuju oruđa za izradbu drugih oruđa. Nikad nije primijećena čimpanza koja namjerno lomi kamen, niti ih se uspjelo naučiti da to čine na način na koji su rani ljudi izrađivali kameno oruđe. Pokusi pokazuju da čimpanze mogu naučiti rabiti kamenu oštricu, ali ne posjeduju mentalne i anatomske sposobnosti potrebne za njenu izradbu. Tijekom jednog se je pokusa čimpanzu uspjelo naučiti da udaranjem kamena o kamen ili bacanjem kamena na tvrdi pod dobije oštri odbojak (tanji komadi kamena odbijeni od kamene jezgre), ali ju se nije uspjelo naučiti da uoči važnost kuta lomljenja u proizvodnji odbojaka. Zato su kamene jezgre od kojih je odbijala odbojke više sličile prirodno razlomljenim komadima kamena. Takvi pokusi navode na zaključak da su izrađivači ranoga kamenoga oruđa posjedovali kognitivne sposobnosti i razumijevanje tehničkih načela izradbe oruđa znatno veće od onih koje mogu razviti današnji čovjekoliki majmuni.

U prirodnim okolnostima čimpanze naprosto ne dolaze u situacije u kojima je potrebno raspolagati oštricom pa prirodna selekcija nije dovela do mentalnih i anatomske sposobnosti potrebnih za njenu izradu. Premda se, dakle, i kod drugih vrsta može primijetiti kulturno prenošenje umijeća, ono nije bitno za njihovo preživljavanje. Čovjekovo je preživljavanje pak bitno ovisno o njegovim kulturnim i tehničkim postignućima.

1.3. Rani hominini i oruđa

Evolucijska linija koja je vodila do naše vrste i evolucijska linija čimpanze razdvojile su se prije više od 6 milijuna godina, a odvajanje linije gorila dogodilo se nešto ranije. Između čimpanze i čovjeka razlika je u oko 1,6% gena. Suvremenoga čovjeka i njegove evolucijske pretke taksonomski svrstavamo u pleme *Hominini*,¹ koje čini nekoliko rodova. Hominine prije svega odlikuje dvonožni hod. Evolucijski su se najprije razvile noge prikladne za dvonožni hod, što je oslobodilo prednje udove za druge funkcije i omogućilo držanje teže lubanje, a zatim se razvijala glava i mozak. Stoga je dvonožni hod, tj. bipedalizam, vjerojatno najvažniji vid čovjekove evolucije.

¹ Red *Primate*, natporodica *Hominoidi*, porodica *Hominidi*.

1.3.1. Prvi hominini

Najraniji danas poznati mogući pripadnik plemena *Hominini* je *Sahelanthropus tchadensis*. Njegovi su ostatci pronađeni u Čadu, a njihova se starost procjenjuje na 6 – 7 milijuna godina. No još nema suglasja o tome radi li se uistinu o ranom pretku čovjeka ili pak o pretku čimpanze ili čak gorile.

Nešto pouzdanije, premda zasad ne posve pouzdano, se među hominine može svrstati *Orrorin tugenensis*, ostatci kojeg su nađeni u Keniji, a njihova je starost oko 6 milijuna godina.

No čini se da pripadnike roda *Ardipithecus* možemo pouzdano svrstati u pleme hominina. Premda njihova dvonožnost donedavno nije bila pouzdano utvrđena, rezultati istraživanja ostataka, objavljeni u jesen 2009., potvrđuju da su uspravno hodali tlom. Danas su poznate dvije vrste koje pripadaju tom rodu: *Ardipithecus kadabba* (ostatci su nađeni u Etiopiji, a starost im je 5,2 – 5,8 milijuna godina) i *Ardipithecus ramidus* (ostatci su također nađeni u Etiopiji, a starost im je oko 4,4 milijuna godina). Pripadnici ovog roda, kao i oni rodova *Sahelanthropus* i *Orrorin*, živjeli su u kišnoj šumi, poput današnjih gorila i čimpanzi, a hranili su se istim biljem kao čimpanze (voće, pupoljci, stabljike, lišće), stoga su mnogo vremena provodili na drveću.

1.3.2. Australopitecini

Australopitecini, rod australopiteka, se javljaju prije više od 4 milijuna godina u Africi, a ostaci potvrđuju njihovo postojanje u južnoj i istočnoj Africi do prije otprilike milijun godina. Karakterizira ih dvonožni hod i mozak veći od onog suvremenih čovjekolikih majmuna, ali manji od ljudskog.

Najstariji poznati pripadnik ovoga roda je *Australopithecus anamensis*. Ostatci su pronađeni u Keniji i stari su između 4,2 i 3,9 milijuna godina. Imali su veće kutnjake i deblju zubnu caklinu nego *Ardipithecus ramidus*, što znači da su se hranili i tvrdim biljem, vjerojatno žitaricama i suhim voćem, lukovicama, gomoljima i korijenjem. Nisu živjeli u šumama, već u ravnici pokrivenoj visokom travom, s mjestimičnim otocima šume.

Najbolje poznati pripadnik ovog roda i ranih hominina uopće je *Australopithecus afarensis*. Ostaci su nađeni u Tanzaniji, Etiopiji i Keniji, a potiču iz razdoblja od prije 4 do prije 2,9 milijuna godina (znamenit je gotovo 40% potpun kostur ženske jedinke nazvane »Lucy«). Kostur tijela je svojim prilagodbama (prije svega na dvonožni hod) znatno moderniji od kostiju glave. Moguće je da su krošnje drveća još uvijek imale važnu ulogu u njihovu životu (primjerice za spavanje). Zubi upućuju na gotovo potpuno vegetarijansku prehranu u suhoj šumi s čistinama. Mozak je jedva malo veći od mozga čimpanze, te mu se ne može pripisati um sa sposobnostima većim od onoga u čimpanze.

Iz razdoblja u kojem je živio *A. afarensis* potiče nekoliko ostataka dvojbenoga statusa. Primjerice, ostatke nađene u Čadu (središnja Afrika), starosti 3,5 – 3 milijuna godina, neki stručnjaci pripisuju geografskoj varijanti vrste *Australopithecus afarensis*, a drugi posebnoj vrsti,

Australopithecus bahrelghazali. Nadalje, ostatke nađene u Keniji, starosti oko 3,5 milijuna godina, neki znanstvenici pripisuju ne tek novoj vrsti – *Kenyanthropus platyops* – već i novom rodu hominina (tj. *Kenyanthropus*), iz kojeg se je, prema njima, razvio ljudski rod (rod *Homo*).

U Etiopiji (nalazište Bouri) su nađeni ostatci vrste *Australopithecus gahri*, stari oko 2,5 milijuna godina, koja se je sigurno razvila iz vrste *Australopithecus afarensis*. Po nekim značajkama i ta je vrsta kandidat za pretka roda *Homo*.

Nešto prije vrste *Australopithecus gahri* u južnoj se Africi pojavljuje vrsta *Australopithecus africanus*. Ostaci datiraju iz razdoblja od prije 2,9 do prije 2,4 milijuna godina, a o mogućim starijim ostacima se još raspravlja. Imao je nešto veći mozak od mozga *A. afarensis*. Njegovo podrijetlo nije jasno. Moguće je da se je razvio od *A. afarensis*, koji se je doselio u južnu Afriku, ali postoje i druge teorije. Zubi upućuju na prehranu još tvrdim biljem (žitarice, orasi, gomolji...) pa se može pretpostaviti da su često boravili na otvorenim prostorima. I ta je vrsta kandidat za pretka roda *Homo*.

Sve dosad spomenute vrste australopitecina pripadaju tzv. »gracilnim« australopitecinima. Među »robustne« pak australopitecine se ubrajaju vrste *Australopithecus aethiopicus*, *Australopithecus robustus* i *Australopithecus boisei*. Neki stručnjaci smatraju da su sve »robustne« vrste bile specijalizirane za biljnu prehranu (napose tvrđi gomolji, bobice i slično), dok su »gracilne« vrste bile svejedi. No analize pokazuju da su i »robustne« vrste barem ponekad jele meso.

Najstarija od tih vrsta je *Australopithecus aethiopicus*. Ostatci su nađeni u Keniji i Etiopiji, a starost im je oko 2,5 milijuna godina. Ostatci vrste *Australopithecus boisei* nađeni su u Tanzaniji, Etiopiji i Keniji, a pripadaju vremenskom rasponu od prije 2,3 do prije 1,3 milijuna godina. Ostatci vrste *Australopithecus robustus* nađeni su u južnoj Africi, a pripadaju vremenskom rasponu od 2 do 1 milijun godina prije sadašnjosti.

1.3.3. Australopitecini i uporaba oruđa

Australopitecini su vjerojatno, za razliku od čimpanzi, imali mentalnu i biomehaničku sposobnost izrade oruđa, no zasad nema nalaza koji bi izravno potvrdili da su namjerno izrađivali kamene alatke. Vjerojatno su, kao što je slučaj s nekim životinjama, koristili kamenje pri gnječenju, mrvljenju i razbijanju. U rijekama se pak mogu naći prirodno razbijeni oblutci s oštrim rubom, koji su mogli služiti za rezanje materijala poput kože. No uz ostatke australopitecina nisu nađena oruđa načinjena od kamena.

Ipak, za našu je temu zanimljivo da su na nalazištu Bouri u Etiopiji, u sloju iz kojeg potječu nalazi vrste *Australopithecus ghari*, pronađene životinjske kosti s tragovima razbijanja i rezanja pomoću kamenoga oruđa. Premda nema dokaze da su to oruđe rabili pripadnici ove vrste, samo je po sebi važno da je potvrđena uporaba takva oruđa prije 2,5 milijuna godina. U okolici toga nalazišta nema sirovina prikladnih za izradbu takvih oruđa, ali je na obližnjem nalazištu Kada Gona (također u Etiopiji) nađeno najstarije poznato kameno oruđe (staro također između 2,6 i 2,5 milijuna godina). Iskopano je više od tisuću kamenih nalaza, a dvostruko više ih je skupljeno s

površine. Radi se o *odbojcima* oštarih rubova (obično tanji komadi kamena odbijeni od kamene jezgre) i *jezgrama* (komad kamena od kojeg su namjerno i namjenski odbijani odbojci). No uz te najdrevnije poznate litičke predmete od crnog kvarcita nisu nađeni fosili hominina koji su ih mogli izraditi. Neki stručnjaci smatraju da su to grubo otkresivanje iverja izvele prirodne sile (bujice, rijeke, uzdizanje tla...), a argument je obilnost nalaza. No istodobnost i blizina nalaza nameću pitanje je li *Australopithecus ghari* prvi hominin koji je izrađivao kameno oruđe. Novo gorivo toj raspravi svakako daju nalazi objavljeni 2010. godine. Naime, na nalazištu Dikika u Etiopiji nađene su kosti oštećene rezanjem i razbijanjem, a stare oko 3,4 milijuna godina.

Treba imati na umu da prvi nalaz obično nije i prva pojava neke biološke ili kulturne novosti. Kamen je poprilično trajan materijal, dok su drugi materijali koji su također dobri za izradbu oruđa (drvo, kost, rogovlje) podložniji propadanju. Štoviše, mikroskopske analize upućuju na to da je većina najranijeg kamenog oruđa rabljena za obradbu materijala biološkoga podrijetla, tj. kao alatke za izradbu oruđa od manje trajnih materijala, tragovi kojeg do nas nisu doprli. Stoga je vjerojatno da su australopitecini, poput suvremenih čovjekolikih majmuna, rabili primitivna oruđa načinjena od drveta i drugih manje trajnih materijala. Najdrevnije oruđe je možda štap za iskopavanje: zašiljena grana koja i danas služi Bušmanima i australskim Aboridžinima u pronalaženju hrane ispod površine zemlje (gomolji, korijenje, kukci, mali sisavci). Nažalost, drvo je lako pokvarljivo i podložno mehaničkim i atmosferskim utjecajima prije nego što se fosilizira.

1.4. Tehnika *Homo habilis*

1.4.1. *Homo habilis*

Prvi fosil hominina pouzdano povezan s kamenim izrađevinama pripada *Homo habilisu* (»vještom čovjeku«), a star je oko 2,3 milijuna godina (nalazište Hadar u Etiopiji). Dok su morfološke inovacije proizvod evolucije, sada nailazimo na prvi izum, na novost koja proizlazi iz uma, a to je klesani kamen – kamenom treba namjerno udariti drugi kamen da bi se dobio oštar rub.

Ostatci *H. habilis* datiraju iz perioda od prije 2,4 milijuna godina do prije otprilike 1,6 milijuna godina, a nađeni su u istočnoj Africi (Kenija, Tanzanija).² Suvremenik je australopitecina i tjelesno im je sličan, ali s većim mozgom. Naziv je dobio po tome što je izrađivao i rabio primitivno oruđe (od

² Valja spomenuti da neki stručnjaci razlikuju dvije vrste: *Homo rudolfensis* (u vremenskom rasponu od prije 2,4 do prije 1,8 milijuna godina) i *Homo habilis* (u vremenskom rasponu od prije 1,9 do prije 1,6 milijuna godina). Drugi pak smatraju da su obje te vrste po mnogim značajkama sličnije australopitecinima nego ostalim vrstama roda *Homo* te da stoga postoje dobri razlozi da se obje te vrste svrstaju u rod *Australopithecus*, a ne u rod *Homo*. Tako bismo imali *Australopithecus rudolfensis* i *Australopithecus habilis* ili naprosto *Australopithecus habilis*.

kamena, a vjerojatno i od drva i drugih manje trajnih materijala). Valja uočiti da je »čovjekom« nazvano tek ono dvonožno biće za koje pouzdano znamo da je izrađivalo oruđe, što ukazuje na našu svijest o dubokoj povezanosti čovjeka i tehnike. Prema mišljenju većine stručnjaka *H. habilis* je ostao ograničen na Afriku, premda neki smatraju da se je počeo širiti prema Aziji.

H. habilis je i u ekološkom smislu živio je drukčijim životom od prethodnih hominina. To je prva vrsta koja nije bila vezana za šumski okoliš. Čini se da je nastanjivao mnogo otvorenije prostore, poput savane s drvećem i šipražjem koje je prilično raštrkano. Prilagodba otvorenim i travnatim ekosustavima podrazumijeva i promjenu načina na koji vrsta preživljava. Po prvi put su meso i životinjska mast postali bitan dio prehrane hominina. Povećanje mozga može imati veze s novim načinom života, temeljenim na eksploataciji izvora raspršenijih i manje predvidljivih od onih tropske šume, što zahtijeva mentalnu mapu većeg područja, tumačenje tragova životinja, shvaćanje prirodnih ritmova i s njim povezano planiranje.

S druge strane, čini se da je živio u većim skupinama, a istraživanja pokazuju da postoji veza između društvene kompleksnosti primata i veličine neokorteksa (najmlađeg dijela kore velikoga mozga). To znači da bi povećanje neokorteksa *H. habilisa* moglo biti društveno uvjetovano (istodobno s *H. habilisom* i »robusti« su se australopitecini prilagodili otvorenim ekosustavima, ali bez znatnog povećanja mozga).

Na temelju rekonstrukcije mozga *H. habilisa* izvedene iz očuvanih dijelova lubanja, može se naslutiti da je *H. habilis* imao razvijene dijelove koji su povezani s govorom, što otvara mogućnost razvoja govornoga jezika i verbalne komunikacije.

1.4.2. Oldovanska tehnika ili Tehnika I

Paleolitska se je tehnika razvila u službi gospodarstva utemeljenog na skupljanju hrane, ona je rabljena u lovu ili strvinarenju životinja te u skupljanju i preradi biljne hrane. Hominini nemaju velike očnjake kao prirodni alat za rezanje kože i mesa i lomljenje kostiju, stoga su oruđa od kamena ključ za otvaranje novog skladišta hrane.

Oldovansko je oruđe dobilo ime prema klancu Olduvai (Oldowan) u Tanzaniji.³ Spomenuti artefakti iz Hadara u Etiopiji, kao i oni kasniji povezani s *H. habilisom*, su *sjekači* – grubo klesani oblutci odlomljeni više puta s jedne strane – i krhotine, tj. odbojci. U kasnijim naslagama oblutci su obrađeni, premda grubo, s obje strane (»bifacijal«), a takvo se oruđe naziva *sjeckalom*. S nalazišta Olduvai potječu razne forme jezgri i odbojci. Tipično oruđe je sjekač. Sjekači i sjeckala su s jedne strane jezgre za proizvodnju jednostavnih odbojaka, ali isto tako i oruđa za udaranje (oštrica može poslužiti za razbijanje kostiju kako bi se iz njih izvadila srž). Izrađuju se tako da se oblutak pri rubu udari drugim kamenom, što se ponavlja nekoliko puta kako bi se dobio oštar rub. Dobiveni odbojci se pak mogu uporabiti za

³ Valja spomenuti da su na tom nalazištu osim ostataka *H. habilisa* nađeni i ostatci vrste *A. boisei*. Nedvojbeno je *H. habilis* izrađivao ta najstarija oruđa, ali to su možda mogle činiti i neke vrste australopitecina.

rezanje (iskustveno je pokazano da se pomoću takvih odbojaka može raskomadati leš slona). Izrada sjeckala je nešto zahtjevnija. No način klesanja ne odražava postojanje idealnog modela oruđa koji se nameće kamenu, već se jednostavno želi dobiti oštrica, traži se svojstvo, a ne oblik. Osim toga, proizvodnja je još strogo utilitarna, tj. ne proizvode se nikakvi predmeti simboličkog značenja.

Možemo se upitati imamo li dokaze o svjesnoj aktivnosti u svezi s uporabom oruđa. Čini se da se u nekim situacijama sirovina prenosila iz velikih udaljenosti da bi se uporabila za izradu oruđa. Moguće je da su rani ljudi sa sobom nosili kamenje ili gotovo oruđe kad bi odlazili u potragu za hranom, kako bi mogli odmah rezati lešinu koju pronađu. To bi mogao biti trag prvog svjesnog tehničkog ponašanja, jer takav stupanj sposobnosti predviđanja ne pokazuje niti jedna životinja koja koristi oruđa – one pokušavaju naći predmet kad imaju potrebu koristiti ga i traže ga u neposrednoj okolini. Neki novi nalazi upućuju na to: nađena je velika količina kostiju biljojeda s tragovima rezanja i drobljenja, ali bez ostataka klesanog kamena. Stoga možemo pretpostaviti da su rani ljudi, zbog oskudice sirovina, toliko cijenili svoje oruđe da ga nisu ostavljali nakon obavljena posla, već su ga nosili sa sobom, što upućuje na razmišljanje i planiranje budućnosti.

1.5. Tehnika *Homo erectusa*

1.5.1. *Homo erectus*

Ostaci *Homo erectusa* («uspravnoga čovjeka»), datiraju od prije otprilike 1,8 milijuna godina do prije otprilike 300 000 godina, i ukazuju na period stabilnosti roda.⁴ Pojava *H. erectusa* se poklapa s početkom geološkog razdoblja pleistocena («ledeno doba») tijekom kojeg je dvadesetak hladnih razdoblja (oledbe) bilo razdvojeno relativno toplijim razdobljima. *H. erectus* je imao gotovo posve moderne noge i stopala, visinom i proporcijama je bio sličan modernom čovjeku, a volumen mozga se bitno povećao u odnosu na *H. habilisa*. Drugim riječima, *erectus* je bio vrlo sličan nama od vrata nadalje, no njegov je um još daleko od uma modernoga čovjeka, ali isto tako i bitno razvijeniji od uma australopitecina. Definitivno je napustio šume i crpio je izvore otvorenih prostora. Hranio se je biljem i mesom, loveći ili strvinareći.

Prema najšire prihvaćenoj teoriji *H. habilis* nije napustio Afriku, već se je u Africi od njega razvio *H. erectus*, koji se je širio svijetom. No nalazi pokazuju da je to širenje moralo biti vrlo brzo, budući da su, primjerice, na Javi nađeni ostatci starosti 1,8 milijuna godina, a u Gruziji ostatci stari oko 1,6 milijuna godina. Nazočnost *H. erectusa* u Europi je potvrđena u periodu od prije 1,2 milijuna godina do prije 300 000 godina. Prema drugoj teoriji

⁴ Valja spomenuti da neki stručnjaci razlikuju azijske nalaze vrste *H. erectus* i rane afričke pripadnike te evolucijske linije te za potonje rabe naziv *Homo ergaster*. No anatomske razlike tih dviju skupina su vrlo male.

(»multiregionalizam«) *H. erectus* se razvio u Africi i Aziji istovremeno i iz iste vrste, tj. *H. habilisa*.

1.5.2. Ašelejenska tehnika ili Tehnika II

Činjenica je da je vrsta *H. erectus* ostala gotovo nepromijenjena tijekom milijun i pol godina, što to je stabilnost koju ostali hominini nikada nisu dosegli. Osim toga, ostaci *H. erectusa* raspršeni su duž cijelog tropskog područja, izuzev Amerike, od pustinje do džungle. *H. erectus* je živio veoma dugo i tijekom toga razdoblja je ostao jedinim homininom na Zemlji te je razradio kulturne tekovine koje možemo smatrati preduvjetom da se dostigne razina potpune ljudskosti. Stoga evolucijski zastoj *H. erectusa* nije izostanak napretka, već pokazatelj razvoja kulture. Upravo je kultura *H. erectusu* omogućila da zauzme gotovo svaku ekološku nišu, uključujući i prilično usku nišu australopitecina, koji su izumrli prije milijun godina.

Počevši od oldovanske tehnike *H. habilisa*, prve skupine *H. erectusa* su uspjele održati sposobnost kontrole nad okolišem. Upravo je ovladavanje okolišem bila sposobnost koja je *erectusu* najprije omogućila da opstane, a potom vjerojatno prouzročila njegovo izumiranje. Prevladavanje klimatskih teškoća, pečenje hrane, skloništa, obrana od grabežljivaca, oruđa itd. omogućilo je preživljavanje jedinki koje bi selekcija inače pokosila. Osim toga, usavršavanje kulture prilagođene specifičnim ambijentima izoliralo je neke skupine stanovništva prema kriteriju kulturnih granica, koje su jednako nesavladive kao i geografske prepreke kad je u pitanju miješanje genetskih odlika. Tako su se rascjepkale mnoge male populacije specifičnih karakteristika, kod kojih je evolucija brža, jer se odlike fiksiraju u manjim generacijskim ciklusima.

Oruđe kojim se služio *H. habilis* činili su jednostavno obrađeni komadi kamena – sjekači, sjeckala i odbojci. *H. erectus* je nastavio obrađivati rubove oblutaka, dobivši oruđe izrađeno sa svih strana u obliku badema. Te alatke paleoantropolozi zovu »amigdaloidima«, prema grčkoj riječi za badem. Oni pripadaju *Tehnici II* ili *ašelejenskoj tehnici* (nazvanoj prema nalazištu Saint Acheul u sjevernoj Francuskoj gdje je prvi put prepoznata), koja se je razvila iz oldovanske tehnike u Africi prije otprilike 1,7 milijuna godina i uglavnom nepromijenjena trajala do prije otprilike 250 000 godina. Valja naglasiti razliku između biološke evolucije i kulturnih promjena. Prvi *erectusi* su pripadali tehnološkom ciklusu Tehnike I. Izum i širenje Tehnike II nije bila biološka promjena prema višoj inteligenciji.

Tipično ašelejensko oruđe je *šačnik*, obostrano oblikovana alatka klinasta ili bademasta oblika, koja se ponekad naziva »ručna sjekira« (prema engleskom nazivu *handaxe*) ili »ručni klin« (prema njemačkom nazivu *Faustkeil*). Načinjena je od kremenja ili drugog kamena na kojem se može napraviti oštrica (pješčenjaka, rožnjak, škrljevac, bazalt, ovisno o području). Takvo je oruđe nađeno u Africi, Europi i Aziji. Valja uočiti bitan tehnički napredak u odnosu na Tehniku I – *prepoznaje se hotimično, svjesno traganje za izrađevinom točno određenog oblika, koji je prethodno postojao samo u umu izrađivača*. Obično je moguće razlikovati dvije faze ašelejenske tehnike, ranu

i kasnu. U ranom ašelejenu šačnici su grublji, deblji, manje dorađeni i manje simetrični. Osim šačnika u ašelejenskoj tehnici nalazimo, premda rjeđe, *sjekire* (distalni rub je neobrađena oštrica, a bočni rubovi su obrađeni, tako da ima oblik slova U – mogle su služiti za komadanje mesa i sječu drva), *strugala* (alatka s obradbom na jednom ili više rubova, koja najčešće čini izbočenu, ravnu ili udubljenju poluoštricu), *udupke* (alatka s urezom na rubu) i druga oruđa. Nađene su različite vrste šačnika, poput *kopljolikog šačnika*, *trokutolikog šačnika*, *scololikog šačnika*, *jajolikog šačnika* itd.

Šačnik se može izrađivati na velikom odbojku ili na jezgri. Lomljenje se izvodi naizmjenično s jedne pa s druge strane po dužini rubova. Rubovi alatke se primiču i spajaju u vrhu koji je obično uži, tanji i oštiji od baze. Baza je zadebljana, ponekad prekrivena okorinom pa se može spretno držati, što je bitno jer se tada alatke još nisu uglavljivale u držak. U kasnom ašelejenu šačnici postaju tanji i simetričniji, preciznije izrađeni. Pri dovršavanju alatke rabila se palica od roga, tzv. mekani čekić. Smatra se da se je mekani čekić počeo rabiti u Africi prije 700 000 godina.

Dok je namjena različitih ašelejenskih alatki izrađenih na odbojcima uglavnom jasna, o namjeni šačnika još nema suglasja među znanstvenicima. Neki smatraju da mu je namjena bila rezanje i komadanje mesa, dok drugi misle da se je *H. erectus* tim oruđem, barem u početku, više služio kao pijukom za iskopavanje korijenja ili sjekiricom za usitnjavanje bilja. Teško je, naime, zamisliti da se je oruđe koje je imalo dvije strane koristilo kao nož: nema mjesta na kojem se predmet mogao prihvatiti, a da se ne ozlijedi dlan, budući da se oštrica nalazi duž cijelog ruba, a ne postoje tragovi koji bi ukazivali na postojanje nekog drška. Izložena je i teorija prema kojoj se šačnik rabio za gađanje, kao projektil u lovu na velike životinje, a neki čak misle da je imao više kulturalno nego praktično značenje: sposobnost njegove izrade mogla bi biti jedna vrsta kulturnog razvođa među narodima – pokazujući tako obrađeno oruđe u ruci mogao se odrediti stupanj kulturalnog razvoja naroda u savani. Mnogi pak u tom oruđu vide višenamjensku alatku korištenu za rezanje, struganje, sječenje, kopanje itd. Pokusi pak pokazuju da je njegov oblik najpogodniji za rezanje velikih sisavaca, a mikroskopske analize rubova ukazuju na tragove istrošenosti koji pri tome nastaju.

1.5.3. Koplja, vatra, nastambe, umjetnost, jezik

Osim kamena, *H. erectus* je vješto obrađivao i drvo. U Njemačkoj su pronađeni mnogobrojni dobro očuvani drveni nalazi, a među njima i ostatci drvenih kopalja stari oko 400 000 godina, što su najstariji poznati primjerci lovačkoga oružja. Ti su ostatci pronađeni zajedno s kamenim izrađevinama i ostatcima rasječenih konja i pokazuju sposobnost tadašnjih ljudi da osim kamena spretno obrađuje i mekše (organske) materijale, izrađujući savršenije lovačko oružje, te upućuju na važnu ulogu aktivnog lova u pribavljanju mesa. Na temelju ostataka faune koji pokazuju tragove ljudske djelatnosti može se zaključiti da su velike životinje rijetko lovljene.

Korištenje vatre je pouzdano potvrđeno na nalazištima mlađim od 250 000 godina, ali se obično smatra da se je vatrom ovladalo mnogo ranije.

Premda neki dokazi korištenja vatre sežu u još starija razdoblja, prva ognjišta koja bi mogla ukazivati na svjesno korištenje i izravno upravljanje vatrom stara su oko 500 000 godina (drveni ugljen, izgorjele sjemenke, pougljenjene kosti), a nađena su u Kini. No novije studije upućuju na oprez i mogućnost drukčijeg tumačenja pronađenog pepela. U pećini u blizini Pekinga nađene su naslage pepela debele 6 metara, što ukazuje na stalan boravak čovjeka u razdoblju od oko 30 000 godina, prije oko 300 000 godina. Vjerojatno *H. erectus* nije znao upaliti vatru, no znao je kako ju dugo održavati. Vatra ima funkciju pri pripremanju jela, ali od jednake je važnosti, a možda i veće, činjenica da ona oslobađa od hladnoće i mraka. Kontrola vatre je ključna nova tehnologija za čovječanstvo. Vatra daje toplinu. Ona omogućuje migracije u područja hladnije klime, otvara čovjeku za naseljavanje velika područja, inače negostoljubiva i nenaseljiva. Vatra daje umjetnu svjetlost. Proteže čovjekovu aktivnost u noć i na mračna mjesta poput spilja. Vatra nudi zaštitu od divljih životinja. Vatra omogućuje pripremu hrane, što skraćuje vrijeme i smanjuje napor potreban za jedenje i probavu. Vatrom se mogu otvrdnuti drvena oruđa. Vatra služi kao okupljalište, središte društvenih i kulturnih odnosa. Praktično poznavanje vatre dalo je čovjeku veći stupanj kontrole nad prirodom. Tek oko 3000. pr. Kr. je ovladano pouzdanim tehnikama paljenja vatre (kremen, paljenje pomoću trenja drvaca vrtnjom).

Moguće je da je *H. erectus* gradio i prve osmišljene nastambe. Neki stručnjaci pretpostavljaju da se ostatci takve nastambe mogu prepoznati na nalazištu Terra Amata u Nici.

Šačnici pokazuju osjećaj za simetriju, no moguće je da je *H. erectus* očitovao i dalekosežnije umjetničke sklonosti. Na to upućuju nalazi poput rukotvorine na oblutku s nalazišta na Golanskoj visoravni, koja možda predstavlja najstariju ljudsku figuru, i ašelejenske figurice pronađene u Maroku.

Za govor je važan položaj grkljana, što je u vezi sa zakrivljenošću baze lubanje. Grkljan sisavaca je položen na višoj poziciji u vratu, što životinji omogućuje da istovremeno pije i diše, ali sprječava aktivnost ždrijela koje služi za modulaciju zvukova koje ispuštaju glasnice. Zbog toga životinje ne mogu govoriti. Kod ljudi takav oblik grkljana imaju samo dojenčad, koja moraju istovremeno disati i piti majčino mlijeko. Oko druge godine života se grkljan spušta oslobađajući funkciju ždrijela i od tog trenutka počinjemo jasno govoriti. Položaj grkljana je u vezi s oblikom baze lubanje. Spljoštena baza lubanje odgovara visokom grkljanu. Zakrivljena baza lubanje može se naći samo kod odraslih osoba moderne ljudske vrste. Baza lubanje australopitecina je majmunskog tipa i to isključuje mogućnost da su posjedovali govorni jezik sličan našem. Čini se da ni *H. habilis* nije bio sposoban tvoriti složene glasove. Ostaci *H. erectusa* pak pokazuju jasne znakove zakrivljenja baze lubanje koje je započelo prije 1,5 milijuna godina. Čini se stoga da bi on mogao biti zaslužan i za nastanak govornoga jezika. No ne slažu se svi da je *H. erectus* mogao govoriti (glasnice, moduliranje zvukova).

1.6. Tehnika neandertalaca

1.6.1. Arhaični *Homo sapiens* i neandertalac

U razdoblju od prije 600 000 godina do prije 30 000 godina uočavaju se velike varijacije unutar roda *Homo*: uočavaju se arhaični oblici vrste *H. sapiens*, neandertalac, neklasificirani ostaci, prijelazni oblici između vrsta *H. erectus* i *H. sapiens*. Prije otprilike 600 000 do 300 000 godina se u Africi počinju pojavljivati hominini koji su jasno proizašli od *erectusa*, ali pokazuju anatomske evolucijske odlike u smjeru naše vrste. To su prve jedinice »arhaičnog« *Homo sapiensa*. Najstariji nalazi arhaičnog *Homo sapiensa* u Kini su pak stari između 230 000 i 180 000 godina.

Niti o podrijetlu »arhaičnog« *Homo sapiensa* nema slaganja. Molekularna biologija po svemu sudeći pokazuje da naša vrsta ima afričko podrijetlo. No čini se da neki fosili prije govore u prilog »multiregionalističke« hipoteze, prema kojoj su se različite populacije *Homo sapiensa* razvile iz genetske zajednice *H. erectusa* u različitim dijelovima svijeta (Afrika, Azija, Europa, Indonezija). Dok multiregionalisti smatraju da su skupine stanovništva raznih regija uspjele održati konstantnu i u vremenu usporedivu evoluciju, neki znanstvenici zagovaraju srednju poziciju, prema kojoj su izumrle ili se genetski asimilirale sve lokalne podvrste prvobitnog *Homo sapiensa* osim one afričke, koja je na cijeloj Zemlji zamijenila prvobitne skupine stanovništva.

Isto tako, rasprava o mjestu i ulozi neandertalaca u čovjekovoj evoluciji traje i danas. Neki ih smatraju zasebnom vrstom roda *Homo* (tj. *Homo neanderthalensis*), a drugi podvrstom vrste *Homo sapiens* (tj. *Homo sapiens neanderthalensis*). Veliku ulogu u istraživanju neandertalaca imao je hrvatski znanstvenik Dragutin Gorjanović – Kramberger, a na temelju nalazišta kraj Krapine (Hušnjakovo). Neandertalci su prihvaćeni kao davni stanovnici Europe (no nalazi pokazuju njihovu prisutnost i na Bliskom istoku pa sve do Iraka i Uzbekistana), ali ostaje pitanje o njihovoj ulozi u evoluciji čovjeka i genezi modernih populacija. Neandertalci se pojavljuju u Europi prije oko 300 000 – 200 000 godina, a prema nekim datiranjima čak prije 600 000 godina. Razvijaju se iz vrste *H. erectus*, a preko vrste *Homo heidelbergensis*. U drugim se dijelovima svijeta ova vrsta nije pojavila, a razvoj je tekao od *H. habilisa* do *H. sapiens sapiensa*.

Različite analize pokazuju da je meso bilo ključan i univerzalan izvor neandertalske prehrane diljem Europe te da je konzumacija biljne hrane vjerojatno bila neznatna. Neandertalce karakterizira naprednije oruđe (»musterijensko«), pokapanje pokojnika (to su prvi ljudi koji su pokapali pokojnike), skrb o bolesnim i nesposobnim članovima grupe (nađeni su ostatci osobe slijepa na jedno oko, bez jedne podlaktice i s mnogim drugim zaliječenim ozljedama; ostatci osobe iz Krapine pak pokazuju zacijeljenu

ozljeđu na lubanji koja upućuje da je osoba vjerojatno danima bila u nesvijesti itd.), govor (nema čvrstih dokaza da neandertalci anatomske nisu bili sposobni govoriti, a arheološki se dokazi o razvijenom simbolizmu, naprednijoj tehnici i umjetničkom izražaju koji bi upućivali na razlike u kognitivnim sposobnostima između morfološki modernog čovjeka i neandertalca javljaju tek mnogo kasnije).

Neandertalci nestaju prije oko 30 000 godina. Prema jednoj teoriji su anatomske moderni došljaci, *Homo sapiens sapiens*, potpuno i bez miješanja zamijenili neandertalske starosjedioce. Prema drugoj je teoriji prilikom njihova susreta došlo do kulturnoga i biološkoga miješanja, stoga neandertalci ne izumiru potpuno, već se dio njihova genetskog nasljeđa asimilirao unutar brojnijih populacija anatomske moderni ljudi.

1.6.2. Musterijenska kultura ili Tehnika III (srednji paleolitik)

Za neandertalce je tipična *musterijenska* kultura (prema francuskom nalazištu La Mouster). Nalazi su brojni i rasprostrti širom Europe. Starost tih nalaza je u rasponu od 200 000 godina do 30 000 godina. Musterijenske rukotvorine su pronađene i u Aziji i Africi, a neke neandertalske rukotvorine nisu musterijenske te ne vrijedi posve jednakost »musterijensko je neandertalsko«.

U slučaju kamenoga oruđa se opaža da se posve ovladalo lomljenjem kamena. Predmeti imaju precizan i istančan oblik te jasno odgovaraju diferenciranom oruđu. Može se naići na šiljke trokutastih stranica koji se mogu zataknuti u držak i pretvoriti u koplje. Koža se čistila strugalicom. Oruđe za rezanje bilo je tanko, dvostranično i dotjerano. Ostale alatke bili su nazubljeni, pomoću oruđa kao što su pile i noževi. U musterijenu su očigledne regionalne razlike i kulturni stilovi.

Istraživanja pokazuju da su neandertalci raspolagali sa šezdesetak različitih tipova kamenih alatki. Tako nalazimo tzv. levaloaške odbojke, šiljke, različite tipove strugala, grebala, grebalice, dubila, dubilice, svrdla, noževne, strugalice, sječiva, rezila, udubke, nazubke, bradve, blanje, sjekače, sjeckala... Premda se nazivi tih alatki ponekad poklapaju s njihovim funkcijama, tu funkciju treba strogo odijeliti od gornje tipologije koja se temelji na obliku te razvrstava alatke prema njihovom obliku, a ne uporabi.

Česta je uporaba tzv. levaloaškoga postupka za dobivanje standardiziranog oblika odbojka (nazvanog po pariškom predgrađu Levallois), koji je prepoznatljiv još na nalazištima ašelejenske kulture. Tim se postupkom može iz posebno oblikovane jezgre dobiti više odbojaka standardnog oblika. Razvoj takva složenoga postupka podrazumijeva kognitivne i psihomotoričke sposobnosti veće od onih potrebnih za nasumično odbijanja odbojaka, ali i kvalitetniju sirovinu. Korišteni su i drugi postupci odbijanja odbojaka s jezgri, a osim različitih postupaka proizvodnje odbojaka, u srednjem je paleolitu razvijena i vrlo specijalizirana izradba sječiva, na barem tri načina.

1.6.3. Obradba drva, kosti i rogovlja

Neki nalazi, premda malobrojni, govore o obradbi drva i kosti u srednjem paleolitiku. Izravni je dokaz, primjerice, drveno koplje pronađeno u Njemačkoj, a staro oko 125 000 godina. Neizravni dokazi su kameni šiljci koji su kao vrhovi kopalja bili nataknuti na drveni držak te udubci za koje se pretpostavlja da su služili za obradbu drva.

Tijekom srednjeg paleolitika se prvi put kamene alatke uglavljaju u držalo. Kao držalo je služio obrađen komad drva u koji se alatka, primjerice strugalo, mogla uglaviti i učvrstiti kožnom omčom ili pak zalijepiti smolom (na lijepljenje smolom ukazuje kemijska analiza nekih nalaza).

Drške su se također izrađivale od kosti ili roga. Pronađeni su koštani šiljci i različite koštane alatke. Oruđa od kosti i rogova se javljaju prije oko 50 000 godina.

1.6.4. Pigmenti, ukrasi i glazbala – pitanje umjetnosti i religije

U staništima neandertalaca pronađeni su nalazi crvenog okera ili drugih crvenih (željezni oksid) i crnih (manganov dioksid) pigmenata koji ondje nisu nastali prirodnim putem, nego su doneseni s drugih mjesta. No ne znamo za što su neandertalci rabili te pigmente i jesu li, poput nekih suvremenih plemena, bojili tijelo, možda u simbolične svrhe. Neki stručnjaci smatraju da je nazočnost okera svjedočanstvo religije, jer se ta pojava ne može objasniti potrebama preživljavanja. Drugi pak smatraju da boje nisu pronađene u kontekstu koji bi pouzdano upućivao na simboliku ili ritual. Primjerice, oker je rijetko prisutan u srednjopaleolitičkim grobovima.

Neandertalci su najraniji ljudi za koje je pouzdano utvrđeno da su pokapali pokojnike, no svrha ukopa nam nije jasna. Moguće je da se u njemu očituje simbolika i duhovnost, tj. religija, ali je isto tako moguće da se radi naprosto o higijenskim razlozima.

Također su nađeni fosili školjaka i kamenje neobičnog oblika koji nemaju praktičnu namjenu, a neandertalci su ih ipak skupljali. Iz razdoblja srednjeg paleolitika vrlo su rijetki i dvojbeni nalazi koji se mogu tumačiti kao privjesci, nakit (perle) ili namjerno načinjene gravure na predmetima. Najčešće se kao primjeri umjetničkog izričaja navode probušene životinjske falange (kosti prstiju), probušeni životinjski zubi te kosti s urezima.

Zanimljiv musterijski koštani predmet pronađen je u Sloveniji. Radi se o kosti mladunca špiljskog medvjeda slomljenoj na oba kraja. Na površini jedne strane su dvije cjelovite rupe i dvije djelomične rupe (nalaze se na slomljenim krajevima), a na drugoj se strani nalazi jedna rupa. Taj se nalaz smatra mogućom frulom, tj. najstarijim poznatim glazbenim instrumentom.

1.7. Moderni čovjek – *Homo sapiens sapiens*

Homo sapiens sapiens, anatomski moderni čovjek, opremljen istim mozgom, istim spoznajnim kapacitetima kao današnji čovjek, se javlja prije otprilike 150 000 godina. Od prije otprilike 30 000 godina opet imamo stabilnost roda. Tada moderni čovjek ostaje jedini dvonožac majmunskog podrijetla koji tetura Zemljom.⁵

Kao što smo već rekli, u razdoblju od prije 600 000 godina do prije 30 000 godina uočavaju se velike varijacije unutar roda *Homo*. Prije otprilike 600 000 do 300 000 godina se u Africi počinju pojavljivati hominini proizašli od *erectusa* koji pokazuju anatomske novine u smjeru naše vrste. To su prve jedinice »arhaičnog« *Homo sapiensa*. Od prije otprilike 200 000 godina proces »modernizacije« unutar afričkih nalaza je još naglašeniji. Većina se znanstvenika slaže da u tim nalazima valja tražiti izravne pretke anatomski modernih ljudi te za njih često rabe taksonomsku kategoriju *Homo sapiens sapiens*. Do prije otprilike 150 000 – 130 000 godina na tlu Afrike je uglavnom uspostavljena moderna anatomija.

No problem podrijetla anatomski modernih ljudi je vrlo složen. Jednu grupu modela razvoja naše vrste čine modeli poput »modela iz Afrike«, »modela jedinstvenog podrijetla«, »modela zamjene« itd. Prema tim su se modelima anatomski moderni ljudi razvili na nekom ograničenom području, nakon čega se šire i postupno zamjenjuju starosjedilačke populacije u drugim područjima (primjerice neandertalce u Europi). Prema tom modelu svi moderni ljudi potječu od jedne jedine relativno mlade populacije. Odakle pak ona potječe? Najstariji nalazi koji imaju usporedive odlike s anatomski modernim čovjekom dolaze iz slojeva špilje na ušću rijeke Klasies u južnoj Africi, nastalih prije 80 000 do 130 000 godina. Materijal pokazuje znatne razlike naspram arhaičnog *Homo sapiensa*, no neki znanstvenici upozoravaju i na arhaične karakteristike. Prema sjeveru nalazimo sve mlađe ostatke, naposljetku u Maroku stare oko 50 000 godina. U Europu ti došljaci stižu prije otprilike 40 000 godina. Najraniji nalazi anatomski modernih ljudi na tlu Europe stari su između 35 000 i 29 000 godina (Rumunjska, Rusija, Češka). Ubrzo zatim, prije otprilike 30 000 godina, neandertalac izumire. Genetička istraživanja potkrjepljuju tezu da prvotno stanovništvo modernog *Homo sapiensa* potječe iz Afrike.

Drukčije tumačenje podrijetla modernoga čovjeka nudi »model multiregionalnog kontinuiteta«, koji predlaže evolucijski kontinuitet populacija unutar pojedinih geografskih regija. Taj je model sličan modelu za

⁵ Postoje stanoviti razlozi za preispitivanje te tvrdnje. Godine 2003. na indonezijskom otoku Flores nađeni su ostatci maloga ljudskoga kostura (odrasla jedinka procijenjene visine oko 1 m) koji upućuju na vrlo mali volumen mozga (otprilike kao u suvremenih čimpanzi). Taj nalaz, starosti između 14 000 i 35 000 godina, je izvorno protumačen kao otkriće nove vrste hominina – *Homo floresiensis* – no mnogi upozoravaju na druge moguće uzroke takve tjelesne građe.

arhaičnog *Homo sapiensa*. Prema tom modelu, od arhaičnih primjeraka, koji se izvode izravno iz *erectusa* u Africi, Aziji i Europi, potekli su različiti narodi modernog *sapiensa*, uključujući i neandertalca. Posrijedi je usporedna evolucija, a varijacija stanovništva je vrlo stara. Otkad su ljudi napustili Afriku i proširili se svijetom evolucijske sile djeluju u dva suprotna smjera. Izolacija u specifičnim uvjetima pogoduje razvoju regionalnih posebnosti, ali ne dolazi do odvajanja nove vrste jer cijelo vrijeme postoji razmjena gena s populacijama ostalih područja, te sve one evoluiraju u istome smjeru. Najstariji nalazi izvan Afrike koje većina znanstvenika smatra uglavnom anatomski modernima dolaze iz zapadne Azije, a stari su oko 80 000 do 100 000 godina. Na istom su području nađeni brojni nalazi ostataka neandertalaca iste starosti, što upućuje na moguće susrete i miješanje (kultura obiju skupina je u osnovi musterijska). Nalazi najstarijih ostataka *Homo sapiens sapiensa* u Kini su problematični zbog nesigurnog datiranja, a starost im se procjenjuje na oko 35 000 godina.

U posljednje se vrijeme javljaju ideje koje kombiniraju te modele. primjerice, prema »asimilacijskom modelu« anatomski moderni ljudi su se pojavili u Africi, a širenjem izvan Afrike dolazi do miješanja s malobrojnim starosjedilačkim stanovništvom i njegove asimilacije u brojnije populacije pridošlica.

1.8. Tehnika gornjega paleolitika ili Tehnika IV

Prije otprilike 40 000 godina opaža se kulturalna prekretnica. To je početak *kasnog* ili *gornjeg paleolitika*, koji traje od prije 40 000 godina do prije 10 000 godina (kad počinje neolitik). Dok su neandertalci proizvodili jednostavna, višenamjenska oruđa od materijala koji su zatekli, moderni ljudi su počeli proizvoditi mnogo raznolikih specijaliziranih oruđa. Gornji paleolitik obilježava velika raznolikost alatki, uporaba učinkovitijeg lovačkog oružja, podjela poslova i specijalizacija, simbolika u špiljskom slikarstvu, skulpturi i ukopima pokojnika. Tada je tehnički i kulturni razvoj bio znatno brži nego u prijašnjim razdobljima. Trajnije zadržavanje na istome mjestu pogodovalo je specijalizaciji u proizvodnji pojedinih predmeta. Specijalizacija se očituje u povećanju broja tipova kamenih alatki, koji su brojniji i raznolikiji u usporedbi sa srednjim paleolitikom i sada ih možemo prepoznati stotinjak. Kao materijali se koriste kamen, kost, rog, drvo, slonovača, školjke i koža. U kamenom se oruđu pojavljuju mikroliti. Postupno su razvijene istančanije tehnike izrade kamenog oruđa.

U ovo doba spadaju i najstariji poznati dokazi o jamskom rudarstvu, kojem korijeni sežu i do 20 000 godina u prošlost, sve do doba prvih rudnika kremenja u Australiji. Kremen je vađen iz špilje duge oko 300 m, do koje se stizalo nakon teškog spuštanja 60 m u dubinu s ravnice nad ulazom. Očigledno se je morala rabiti umjetna rasvjeta.

Među kamenim artefaktima gornjega paleolitika istaknuto mjesto zauzimaju sječiva, premda se ona javljaju i mnogo prije. Glavna novina u

odnosu na srednjopaleolitička sječiva je u postupku izradbe. U srednjem paleolitiku, počevši od prije otprilike 100 000 godina, sječiva su izrađivana izravnim odbijanje tvrdim čekićem, a u gornjem se paleolitiku za to počeo rabiti mekani čekić (poslužiti palica od roga, kosti ili tvrdoga drva). Izradba sječiva je sada osmišljeni postupak lomljenja kamena kojim se iz jedne jezgre (koja za to mora biti posebno oblikovana) dobiva mnogo veći broj sječiva nego primjenom levaloaškog postupka. Tako se od iste količine sirovine dobiva mnogo više rukotvorina nego prije, što je smanjilo ovisnost o izvorima sirovine te povećalo pokretljivost skupina.

Od doba gornjeg paleolitika koža je imala golemu ulogu u drevnom gospodarstvu. Koža različitih stupnjeva tvrdoće i podatnosti je služila za mnoge svrhe za koje je kasnije korištena keramika ili tkanina. Paleolitički su ljudi koristili kože mrtvih životinja za odjeću i donekle za šatore i posude, ali ne znamo kad su ljudi naučili kako kožu obraditi tako da bude trajna – struganjem i kemijski. Postoje brojni ostaci strugača od kosti i kamena, ali je vjerojatno trebalo mnogo vremena da se nauči da je poželjno ostaviti samo središnji sloj, a maknuti gornji, s krznom ili runom, i donji, mast i meso. Vjerojatno je još više trebalo da se nauči kako očuvati takvu kožu. Donedavno su Eskimi dimili kože. Drugi postupci očuvanja su soljenje, sušenje na suncu. U drevnom Egiptu se rabilo štavljenje pomoću stipse, često u kombinaciji sa solju. Najvažniji postupak je koristio tanin i smatra se da potiče od namakanja koža u šumskim mlakama ili od prakse bojenja biljem pomoću umakanja. Glavni je izvor bio hrastova kora ili hrastove šiške. Štavljenje se provodilo umakanjem koža u niz jama ili korita, prvo u najstariju, tj. najslabiju tekućinu. Proces je trajao više od godinu dana. Koža za đonove je udarana čekićem da bi bila trajnija, za odjeću impregnirana masnoćom dok je još vlažna.

Paleolitički su ljudi često nastanjivali špilje. Kad ih nije bilo improvizirali bi nešto njima ekvivalentno. Zidne slike prikazuju lagane ljetne kolibe od granja. Ostaci zimskih nastambi lovaca na mamute u Sibiru i drugdje mogu se opisati kao imitacije špilja, jer im je pod više od dva metra ispod površine zemlje. Mogu se prepoznati ognjišta, a pretpostavlja se da je krov bio od drveta, možda prekrivenog zemljom, a moguće je i od kostiju mamuta. U nekim nalazištima na otvorenom (Češka, Ukrajina) pronađeni su ostatci kuća. U istočnoj Europi su za konstrukciju kuća služile i velike kosti i kljove mamuta (nedostatak drvene građe). U kasnom paleolitiku se rijetko nalaze ljudi koji su tijekom čitave godine nastanjivali takve nastambe. Još su rjeđe nastambe posve iznad tla. Napredak je čekao da se neolitski čovjek skrasi.

Nema dvojbe da su saonice starije od kotača i da su ih lovci kamenog doba poznavali puno prije povlačenja leda. Neki smatraju da su se kola s kotačima razvila upravo iz saonica, jer su u najstarijim zapisima iz Sumera, iz oko 3200. pr. Kr., prikazana vozila u biti istog oblika, neka na kotačima, a neka na saonicama.

1.8.1. Prijelazne kulture

No neandertalac i moderni čovjek su dugo živjeli zajedno u istim područjima, osobito na Bliskom istoku. Otkriće neandertalaca s tehnikom gornjeg paleolitika na nalazištima u Francuskoj upućuju na to da kultura nije nužno vezana za populacijsku pripadnost. Tako u kratkom rasponu od nekoliko tisuća godina nalazimo niz prostorno i vremenski ograničenih »prijelaznih kultura«, koje u sebi sadrže musterijenske i gornjopaleolitičke elemente. Primjer je »šatelperonijenska kultura«, koja se javlja prije otprilike 40 000 godina, a ograničena je na sjevernu Španjolsku te zapadnu i središnju Francusku. Izvorno je smatrana kulturom anatomski modernih ljudi, ali su nađeni grobovi neandertalaca s predmetima koji pripadaju toj kulturi. Neki smatraju da su takve izrađevine neandertalci razvili pod utjecajem modernih ljudi, a drugi pak da su je razvili sami neandertalci prije dolaska modernih ljudi.

1.8.2. Orinjasijenska kultura

Prvom pravom gornjopaleolitičkom kulturom obično se smatra orinjasijenska kultura (prema nalazištu Aurignac u Francuskoj). Većina znanstvenika je pripisuje ranim modernim ljudima, ali nije nemoguće da je bila povezana i s neandertalcima. Datirana je približno između 40 000 i 20 000 godina prije sadašnjosti. Ovoj kulturi pripadaju najraniji primjeri špiljske umjetnosti, stari oko 31 000 godina. Valja naglasiti tehničku dimenziju špiljske umjetnosti: od pigmenata i tehnika oslikavanja do svjetiljki, ljestvi i skela.

Najstarija obojena lanena vlakna pronađena su u Gruziji i stara su oko 38 000 godina.

1.8.3. Gravetijenska kultura

Za Moravsku u doba gravetijenske kulture (datirane približno između 32 000 i 22 000 godina prije sadašnjosti) znamenita je najranija pojava keramike (pečene gline) u obliku figurica, a posebno onih koje prikazuju žene, često trudnice, naglašenih oblina, popularno poznate kao »paleolitičke Venere«. Takve su figurice bile izrađivane od kamena, kosti, bjelokosti ili keramike, a nađene su na širokom području od Pirineja do Dona i moguće je da su bile element nekog raširenijeg religioznoga sustava.

Na jednom nalazištu u Moravskoj pronađena je pak mamutova kljova sa složenim urezanim motivima, koja po nekim tumačenjima predstavlja kartu. Koštani ulomci s jednog nalazišta u Francuskoj imaju ureze u nizu, što svjedoči o bilježenju, a prema nekim tumačenjima radi se možda o nekoj vrsti lunarnoga kalendara.

U jednom grobu iskopanom u Sibiru, starom više od 22 000 godina, nađeno je ukupno 4903 ukrasna predmeta za koje se pretpostavlja da su bili dijelovi »nošnje« pričvršćeni za odjeću te razni drugi prilozi, poput figure mamuta od bjelokosti. U obližnjem grobu nađeno je 5274 ukrasa za koje se

također pretpostavlja da su bili dijelovi »nošnje«. Prema procjeni na temelju pokusa za izradu tolikog broja ukrasa bilo je potrebno nekoliko tisuća sati.

Iz ovog razdoblja potiču najstariji dokazi pletenja i tkanja. Radi se o otiscima tkanine, košara i mreža u komadićima gline koji su nađeni u Češkoj, a stari su oko 27 000 godina. Vjerojatno su paleolitički ljudi izrađivali košare, prostirke i čak užad prije tkanine, koja zahtijeva uporabu ispredene niti i obrazac tkanja putem ukrštanja potke i osnove. Čini se da iz ovog razdoblja potiče vreteno i neka vrsta tkalačkog stana. Genetička istraživanja pokazuju da se je odječna uš (*Pediculus humanus humanus*), koja živi u odjeći, razvila iz vlasne uši (*Pediculus humanus capitis*) prije oko 100 000 godina, što može upućivati na to da su ljudi već tada nosili odjeću.

1.8.4. Solitrejenska kultura

Vrhuncem izradbe paleolitičkih kamenih artefakata obično se smatra razdoblje solitrejenske kulture (prema nalazištu Solutr  u Francuskoj), koja se pojavila prije više od 20 000 godina, a trajala je do prije otprilike 18 000 godina (tada počinje izrazito zahlađenje, zadnji glacijalni maksimum, kad je prosječna temperatura bila desetak stupnjeva niža nego danas, a razina Jadranskog mora stotinjak metara niža). Za tu su kulturu karakteristični šiljci fine i precizne izrade. Smatra se da je izradba takvih šiljaka ponekad uključivala toplinski postupak, koji se vjerojatno tu prvi put javlja. Radi se o grijanju kamena u jednoj fazi proizvodnje oruđa, koji se nakon hlađenja nastavlja obrađivati, čime se znatno poboljšava obradivost. Pri tome se kamen nije smio izravno izložiti vatri, već postupno grijati na temperaturi od oko 300° C i zatim pustiti da se polako hladi. Izradba takvih šiljaka zahtijeva veliku vještinu cijepanja kamena, što podrazumijeva izrazitu specijalizaciju osoba koje su svladale tu tehniku.

Ovoj se kulturi pripisuju i nova lovačka oružja, primjerice uporaba palice s kukom, tj. *izbacivača koplja*. Njegovim korištenjem se povećava brzina koplja, a time njegova ubojitost. Uz pomoć izbacivača se moglo loviti s veće udaljenosti, što je lov učinilo sigurnijim. Vrlo je vjerojatno da su u tom razdoblju izumljeni luk i strijela, premda pouzdani dokazi njihova postojanja datiraju iz kasnijeg razdoblja. Najstariji poznati kameni vršci za strelice nađeni su u Španjolskoj, a stari su oko 18 000 godina. Najstariji nađeni bumerang star je oko 21 000 godina, a nađen je u Poljskoj. Načinjen je od drveta, a raspon mu iznosi oko 70 cm.

S ovim se razdobljem povezuje najstariji pouzdan nalaz koštane igle s ušicom, što ukazuje na neku vrstu šivanja u tom periodu. U nalazištima je potvrđena proizvodnja tekstila, mrežica i košara za oblačenje, lov i kućanstvo. Moguće je da je šivača igla korištena na području Rusije još prije 30 000 godina.

1.8.5. Magdalenijenska kultura

Magdalenijenska kultura počinje prije otprilike 17 000 godina i traje do prije oko 10 000 godina. Odlikuje ju izražena mikrolitizacija kamenih alatki, tj. korištenje kamenih mikrooštrica u vrhovima kopalja i harpunima. U toj je kulturi vrhunac doživjela izrada predmeta od kosti. Izrađuju se figurice, šiljci, harpuni, izbacivači kopalja i udice. Najstarije udice (nazubljeni ulomci kostiju, bez kukice, koji su se vezali za uzicu) nađene su u Europi i Africi, a stare su oko 14 000 godina.

Toj kulturi pripada većina poznatih špiljskih slikarija. Umjetnost gornjopaleolitičkih ljudi dijelimo na zidnu umjetnost (slikarije i gravure na kamenim zidovima) i pokretnu ili kućnu umjetnost (nalazi pronađeni uz druge rukotvorine). Premda smisao paleolitičke umjetnosti nije moguće pouzdano interpretirati, ona vjerojatno nije nastala isključivo iz umjetničkih pobuda, već s religijskom svrhom. No na temelju ostataka i u nedostatku pisanih izvora možemo samo nagađati o smislu tih simbola.

1.9. Društvo lovaca-skupljača

Bitno svojstvo paleolitika je skupljanje hrane – to je društvo *lovaca-skupljača*. Pripitomljen je pas (vuk), vjerojatno kao pomoć u lovu. Počelo se trgovati. No ljudi su ostali skupljači hrane.

Paleolitsko skupljanje hrane upućuje na gospodarstvo preživljavanja i komunalno društvo. Sezonsko i migratorno skupljanje hrane je davalo malo viška i stoga omogućavalo nisku razinu društvenog raslojavanja ili dominacije te institucija prisile (zapravo bio kakvih institucija) one vrste potrebne u raslojenim društvima za prikupljanje, spremanje i raspodjeljivanje viška hrane.

Paleolitička su društva u biti bila zasnovana na ravnopravnosti, premda su unutar grupa možda postojali različiti stupnjevi moći i statusa. Ljudi su živjeli u malim skupinama ili obiteljima, općenito ne brojnijim od 100 pripadnika. Vjerojatno je podjela rada bila zasnovana na spolu: muškarci su općenito lovili i strvinarili životinje, žene su prikupljale plodove, sjemenke, jaja i sl. Paleolitički su ljudi bili nomadi, slijedili su migracije životinja i sezonski rast biljaka.

Anatomski moderni ljudi su na u biti nepromijenjen paleolitički način živjeli 30 000 godina, što je dugo i stabilno kulturalno razdoblje, osobito kad se usporedi s brzim promjenama u kasnijem dobu.

Tijekom čitavog paleolitika je gustoća stanovništva bila vrlo malena, vjerojatno jedna osoba na 3 – 4 kvadratna kilometra, a vrlo je niska bila i stopa prirasta populacije, što se može objasniti raznim faktorima (dug period sisanja, niska razina tjelesne masti, mobilni životni stil ...). Ipak, ljudi su se polako ali sigurno širili Zemljom. Sve dok su se mogla naći mjesta na kojima se mogla skupljati hrana ljudi nisu imali nikakvu potrebu da mijenjaju način života. Nakon mnogih tisućljeća paleolitički su ljudi ispunili svijet skupljačima hrane. Čini se da je tek tada pritisak populacije s obzirom na

raspoložive izvore prikupljive hrane potaknuo revolucionarnu promjenu od skupljanja hrane na proizvodnju hrane u obliku vrtlarstva i stočarstva.

1.10. Pitanje preobrazbe

Prije 40 000 – 30 000 godina zatičemo anatomske moderne ljude, koji nastavljaju živjeti kao lovci-skupljači, nomadski, izrađujući kameno oruđe. Zašto je bilo tako i zašto se ritam promjena silno ubrzao prije otprilike 10 000 godina, kad se skupljanje hrane počelo zamjenjivati proizvodnjom hrane, najprije u obliku hortikulture, vrtlarstva, i uzgoja stoke, u neolitiku, a kasnije, nakon druge tehnološke revolucije, u obliku agrikulture, intenziviranog poljodjelstva, pod kontrolom i upravom političke države?

Ponuđena su različita objašnjenja društvenih i gospodarskih promjena koje su se zbile krajem paleolitika. Moguće je da ih je potaknula promjena klime i povlačenje ledenjaka krajem posljednje oledbe, prije 12 000 – 10 000 godina. Tada su nestale mnoge velike životinje, što je ograničilo izvore hrane, a seobe životinja su se pomaknule na sjever, ostavljajući možda neke ljudske skupine iza sebe.

Drugo objašnjenje kaže da se je način života zasnovan na skupljanju hrane održao dok je populacija lovaca-skupljača bila dovoljno malena da bez velikog napora iskorištava raspoložive izvore. Budući da je populacija rasla sporo i da su na globalnoj mjeri prikladna staništa bila brojna, prošla su dva milijuna godina dok su lovci-skupljači dosegli granicu takva načina života. Taj prikaz objašnjava i veoma spor napredak tehnike tijekom vremena do kasnog paleolitika: male populacije u okolnostima bogatih izvora hrane su sasvim dobro preživljavale koristeći postojeće tehnike, oruđa i umijeća. Premda su paleolitički ljudi znali da iz sjemenja niče nova biljka i da je stoga moguć uzgoj biljaka (a ponekad su to i činili) nije postojao nužni pritisak za promjenu načina života. Tek kad je gustoća stanovništva postala takva da se životne potrebe više nisu mogle lako zadovoljiti seobom, poremećena je ravnoteža između potreba i izvora, a kao nov način života je uspostavljen uzgoj biljaka i životinja.

2. Neolitik

2.1. Neolitička revolucija

2.1.1. Bit neolitičke revolucije

Neolitička je revolucija bila prije svega društveno-gospodarska i tehnološka preobrazba, u smislu prijelaza sa skupljanja hrane na proizvodnju hrane. Njezina osnova je korjenita tehnička preobrazba, korjenita promjena u čovjekovu pothvatu ovladavanja prirodom tehničkim sredstvima, putem izrađevina ili artefakata (u stanovitom smislu su udomaćene biljke i životinje također »artefakti«). U područjima prikladnim samo za napasanje stoke dovela je do pastirskog nomadizma ili stočarstva; u drugim područjima je dovela do obrade zemlje i seoskog načina života, tj. stalnih naselja. Tako je počeo *neolitik* ili *mlađe kameno doba*. Neolitička je revolucija korjenito promijenila život ljudi, ali i njihovu okolinu. Taj novi način života u biti definira čovjekov sustavni trud da promijeni okoliš odabranih biljaka i životinja s ciljem povećanja njihove produktivnosti i korisnosti.

Prijelaz sa skupljanja hrane na proizvodnju hrane je bio fundamentalni napredak tehnike, neki smatraju najvažniji uopće. Gotovo sve što smo u stanju načiniti ovisi o našoj sposobnosti da proizvedemo hranu za danu populaciju na način koji ne iscrpljuje u cijelosti energiju i vrijeme te populacije. Čovjek-lovac nema takvog viška. Tek je čovjek-stočar i čovjek-ratar prvi prikupio takav višak, koji je temelj svake civilizacije.

2.1.2. Vremensko i prostorno određenje

Neolitička je revolucija započela krajem posljednje oledbe, prije otprilike 10 000 godina (početak *holocena*). Neolitička društva, zasnovana na udomaćenim biljkama i životinjama, nastala su neovisno u različitim dijelovima svijeta nakon 8500. pr. Kr. – Bliski istok, Indija, Afrika, Sjeverna Azija, Jugoistočna Azija, Središnja i Južna Amerika. Činjenica da je do neolitičke revolucije došlo neovisno u različitim dijelovima svijeta govori protiv jednostavne teorije o prenošenju neolitičkih tehnika. U istom je smislu argument protiv te teorije zasebno udomaćivanje pšenice, ječma, prosa, riže, kukuruza i krumpira u različitim područjima.

Na većini mjesta u svijetu ljudi su nastavili s paleolitičkim načinom života i nakon pojave neolitičkih naselja prije 10 000 godina, a neke zajednice i danas tako žive (primjerice Amazona i Arktik). Oko 5000. pr. Kr. u mnogim područjima naseljene skupine još nisu presegnule društvo lovaca-skupljača, dok se istodobno u drugim područjima, u kojima se već izrađivalo oruđe i oružje od bakra, dostigao stupanj *halkolitika* (bakrenog doba). U

usporedbi s paleolitikom, neolitik je tek trenutak koji prethodi vremenu kad su zajednice u Mezopotamiji i Egiptu provele nove preobrazbe prije otprilike 5500 godina. Na pretpovijesnoj vremenskoj skali ta se preobrazba čini relativno naglom, ali proces je u stvari bio postupan.

2.2. Uzroci neolitičke revolucije – od paleolitika do neolitika

Pojam »mezolitik« (srednje kameno doba) se danas sve manje koristi. Najstarije mezolitičke kulture su nastavak civilizacija kasnijeg paleolitika i danas se obuhvaćaju nazivom *gornji paleolitik*. Suvremenije kulture, kod kojih se nalaze tragovi procesa koji je svoju završnicu imao u neolitičkom načinu života, mogu se definirati kao *predneolitičke* ili *protoneolitičke*.

Znamo otprilike kad i gdje su se prvi put pojavile prve udomaćene biljke i životinje, ali nam razlozi zašto su se pojavile baš tada i na tim mjestima nisu posve jasni. Gotovo sva objašnjenja nastanka poljoprivrede se oslanjaju na tri temeljna čimbenika – klimatske promjene, porast gustoće stanovništva te poboljšanje tehnike – ali je povezivanje tih čimbenika u jedinstvenu teoriju koja bi objasnila pojavu poljodjelstva u svim dijelovima svijeta i dalje otvoren problem. No posve sigurno možemo odbaciti ideju da su ljudi postali ratari stoga što je život ratara bio lakši od života lovca-skupljača – unatoč velikoj raznolikosti, lovac-skupljač općenito radi manje i ljenčari više nego primitivni ratar. S druge strane valja imati na umu da je tijekom posljednjih nekoliko stotina tisuća godina bilo mnogo razdoblja klimatskih promjena, a tijekom kojih se poljodjelstvo nije pojavilo, te da je do neolitičke revolucije došlo u vrlo raznolikim okolišima: od hladnih dolina visoko u Andama, preko ravnica južne Palestine, do vlažnih ravnica jugoistočne Azije; da je na temelju arheoloških podataka gotovo nemoguće precizno procijeniti promjene gustoće stanovništva; te da tehnika prvih ratara nipošto nije revolucionarna i ne preseže po kompleksnosti paleolitičke izrađevine poput luka i strijele ili vrše.

Kako bilo da bilo, uzroke neolitičke revolucije svakako valja tražiti u tisućama godina lova i skupljanja hrane koje su neposredno prethodile prvim poljodjelskim društvima. U tom je smislu kritični period od prije 22 000 godina do prije 8000 godina, tj. vrijeme u kojem se je klima u većem dijelu svijeta drastično promijenila. No nema dokaza koji bi upućivali na to da su ljudi u to doba općenito prolazili kroz razdoblja gladi, odnosno da su udomaćivanje životinja i poljodjelstvo bili odgovor na problem nedostatka hrane. S druge je strane vjerojatnije da je porast gustoće stanovništva ljude približavao nišama u kojima je korištenje divljih žitarica postajalo sve važnije.

2.2.1. Život ljudi pred kraj posljednje oledbe

U razdoblju od prije otprilike 22 000 godina do prije oko 16 000 godina led se je proširio na mnoga područja Amerike i Euroazije, mijenjajući klimu širom svijeta. Većina umjerenih područja Europe, Azije i Amerike bila je izložena oštroj klimi koju su karakterizirale tundre i stepe. Suptropska i tropska ekvatorijalna područja imala su temperaturu 5° – 8° nižu od današnje, ali i manje kiše. Stoga je to područje prije karakterizirala savana, nego, kao danas, šuma. U razdoblju od prije oko 16 000 godina do oko 11 000 godina led se je povukao, no razdoblje od prije oko 11 000 godina do prije oko 10 000 godina opet obilježava hladnija klima tipična za posljednju oledbu.

Čovjek se je kraja posljednje oledbe već nastanio na većem dijelu Zemlje, a živio je prije svega od lova i ribolova te od ubiranja plodova, o čem su podatci vrlo oskudni. Zahvaljujući uporabi vatre i bacačkog oružja nije imao mnogo prirodnih neprijatelja, ali su ljudske skupine još uvijek bile malobrojne i nisu mogle razbiti biološku ravnotežu fizičkog okoliša u kojem su živjele.

Vjerojatno se osnovna društvena jedinica sastojala od više obitelji, zbog potreba lova na velike životinje, ali ne znamo koliko. Poput životinja koje žive u skupinama, moguće je da je svaka skupina imala vlastito područje lova i da ju je predvodio vođa, vjerojatno najuspješniji lovac. Starih jedinki je bilo vrlo malo, paleolitički je čovjek rijetko živio duže od 30 godina, a samo bi u iznimnim slučajevima doživio četrdesete. Pretpostavlja se da su špilje u kojima se razvila zidna umjetnost bile mjesta u kojima su se sastajale skupine kako bi sudjelovale u ritualima. Društveno i gospodarsko uređenje kasnog paleolitika bilo je relativno jednostavno, tako da se ponekad govori o »primitivnom komunizmu«.

Prije otprilike 10 000 godina došlo je do posljednje velike klimatske promjene, koja označava početak holocena. Duboke i brze klimatske promjene krajem pleistocena i početkom holocena su prouzročile velike promjene u geomorfologiji te u flori i fauni i imale su veliki utjecaj na način života. Dolazi do povlačenja leda na sadašnje pozicije, a razina mora je naglo narasla zbog otapanja ledenog pokrova i ledenjaka. Povećanje količine padalina pred početak holocena u ekvatorijalnim područjima promijenilo je narav velikih rijeka, porasla je količina vode u rijekama poput Nila, Konga i Nigera.

Klimatske promjene su utjecale na floru i faunu. Tundre su postale šume, suha područja su postala savane. Mnogi veliki sisavci su izumrli, iz klimatskih i/ili kulturalnih razloga, a među njima i oni važni za čovjeka (poput mamuta). Neke su se čovjeku važne vrste povukle na sjever, skupa s tundrama.

Ljudske su se zajednice morale prilagoditi tim promjenama u okolišu. Neke su slijedile uobičajenu lovnu, koja se selila na sjever, i tu su nastavile živjeti na tradicionalan način, zasnovan na lovu i ribolovu. To su prethodnici, premda vjerojatno ne i izravni predci, naroda poput Laponaca, Eskima i Samojeda. Druge skupine, prije svega one koje su živjele u umjerenim klimatskim predjelima, na područjima koja su sada prekrile šume, počele su se prilagođavati novom okolišu.

Prije svega, uvelike su se promijenili izvori preživljavanja tih zajednica. Lov je ostao važan u opskrbi, ali više nije bio njezina osnova. Zbog nestanka i migracije krda iz stepa i tundra, ljudi su počeli loviti u šumi, gdje je lov teži, a love se pojedinačne životinje poput jelena ili vepa. Zbog toga su sve češće, a možda i isključivo, počeli rabiti luk i strijelu, izum koji seže u doba gornjeg paleolitika. Takvi uvjeti lova objašnjavaju i zašto je čovjek u međusobno udaljenim krajevima uspio pripitomiti vuka. Predak psa je lovcima bio od velike koristi jer je mogao istjerati divljač iz šume.

Smanjeni prinos lova imao je i društvene posljedice. Za lov u šumama je potrebno manje lovaca, a ulov nije dovoljan za prehranu velike skupine. Stoga se smanjio broj obitelji u zajednicama. S druge strane, ribolov je postao važniji – nalazimo vrške od kostiju i rogova koji su bili dijelovi harpuna ili ostiju, udice, vrše od šiba, kanue od debla. Neke su se zajednice nastanile duž obala rijeka i jezera i uz morsku obalu. Promjene u okolišu ponudile su nove izvore, koje je čovjek odmah iskoristio: jaja ptica, puževe i mekušce, voće, jestivo bilje i korijenje.

2.2.2. Protoneolitičke zajednice

Prije otprilike 12 000 godina širom svijeta nalazimo relativno različite kulture: neke su skupine nastavile loviti veliku divljač, dok su se druge okrenule ribolovu, intenzivnom prikupljanju biljne hrane i drugim izvorima. Tako je iskorištavano mnoštvo različitih biljaka i životinja korištenjem različitih tehnika, u različitim klimatskim okolnostima i manje ili više intenzivno. Iz te mješavine ljudi, biljaka, životinja i mjesta su izniknuli prvi stočari i ratari.

Tako su ljudi postupno dobili optimalan prinos od svojeg okoliša. Može se ustvrditi u mnogim područjima da se je teritorij zajednice s kraja paleolitika sastojao od tri habitata: baznog logora, u kojem su se odvijale sve aktivnosti važne za preživljavanje i koji je bio dugotrajno naseljen; nekoliko manjih satelitskih logora u kojima su se odvijale specifične sezonske aktivnosti, te od logorâ u kojima su lovci provodili noć ili dvije. To i danas sličnim zajednicama osigurava najracionalniji način korištenja biljnih i životinjskih resursa i ukazuje na stanovitu mobilnost unutar teritorija i redovit, možda godišnji, ciklus seoba.

Na različitim mjestima širom svijeta skupine ljudi su se naselile u stalnim selima, ali su nastavile s lovom, skupljanjem i paleolitičkim gospodarstvom prije prijelaza na neolitički način proizvodnje. Premda su prije oko 10 000 godina svi ljudi bili lovci-skupljači, valja imati na umu da taj pojam uključuje mnoštvo različitih gospodarstava, a čini se da je jedna od važnih razlika vezana uz spremanje hrane. Neke su skupine spremale velike količine hrane, dok druge nisu. Zajednice koje su spremale hranu karakterizira sjedilački način života, veća gustoća populacije i razvoj društveno-ekonomskih nejednakosti, što se pak smatra tipičnim za ratarska društva. Štoviše, njihov je ekonomski ciklus gotovo identičan ciklusu ratarskih društava – obilata žetva i skladištenje sezonski raspoloživih izvora hrane. Gotovo jedina razlika je u tome što su takve skupine iskorištavale »divlje« vrste, a ne udomaćene.

Te su sesilne, sjedilačke skupine, preživljavale na temelju složene potrage za hranom u ograničenom području, intenziviranog prikupljanja bilja te iskorištavanja širokog spektra sekundarnih i tercijarnih izvora hrane, poput orašastih plodova i hrane iz mora. No vjerojatno je pritisak populacije s obzirom na izvore hrane, uz veću prehrambenu vrijednost divljih i udomaćenih žitarica, doveo je do sve veće ovisnosti o obradi zemlje i do načina života utemeljenog na proizvodnji hrane.

Istraživanja pokazuju da su neke skupine bile specijalizirane za potjeru za jednom ili dvije vrste divljači (već i u gornjem paleolitu) te da su neke prakticirale selektivni lov – štedjeli su ženke kako ne bi ugrozili razmnožavanje vrste.

U drugim su zajednicama žene, odgovorne za prikupljanje bilja za prehranu, selektivno brale bilje, voće i korijenje, kojem su davale prednost zbog prehrambene vrijednosti ili okusa. Pritom su morale paziti na preživljavanje poželjnih biljaka, npr. ne ubirati sve sjemenke. Sve to implicira empirijsko poznavanje bioloških ciklusa životinja i biljaka.

Ako podrijetlo neolitičkog načina života, zasnovanog na poljodjelstvu i uzgoju životinja, seže u razdoblje prijelaza iz pleistocena u holocen (prije otprilike 10 000 – 15 000 godina), te ga vezujemo uz promjene koje je to razdoblje donijelo u gospodarstvu ljudskih zajednica, onda njegove izravne korijene vjerojatno valja tražiti u skupinama koje su prakticirale selektivni lov ili selektivnu berbu jestivih plodova. Stoga se danas takve skupine definiraju kao *predneolitičke* ili *protoneolitičke*. Ta je faza mogla trajati i nekoliko stoljeća, a nisu sve takve skupine prešle u fazu proizvodnje hrane.

2.2.3. *Primjer Bliskog istoka: natufijenske kulture*

Neolitička se kultura prvi put pojavila na Bliskom istoku prije više od 10 000 godina, pod utjecajem protoneolitičkih zajednica koje su oko tog doba rabile srpove za žetvu divljeg ili posijanog žita. Uskoro se intenzivno skupljanje žitarica proširilo do sela na sjeveru današnje Sirije, koja je ležala izvan prirodnoga habitata spomenutih biljaka, što znači da je čovjek morao smišljeno sijati žitarice. Konačna je faza pripitomljavanja žitarica zacijelo nastupila oko 8000. pr. Kr., jer je zrnje iz tog doba, pronađeno u žitnicama Jerihona, u Palestini, kao i u drugim naseljima, mnogo krupnije od zrnja što ga između divlje biljke.

Do oko 6000. pr. Kr. ratarska su se sela proširila Bliskom istokom. U većini je živjelo nekoliko stotina ljudi u nekoliko desetaka koliba od blata. Uglavnom se radilo o samodostatnim zajednicama, bez čvršćih gospodarskih, političkih i društvenih veza s okolinom. Taj novi tip gospodarstva (kompleks pšenica-ječam/svinja-ovca-govedo), nastao na Bliskom istoku, pokazao se je toliko uspješnim da se je brzo proširio izvan »Plodnog polumjeseca« (današnji Jordan, Izrael, Libanon, Sirija, jugoistočna Turska, zapadni Iran). Do Bugarske je stigao prije oko 7500 godina, do južne Italije prije oko 7000 godina, do Britanije prije 6000 godina, do Skandinavije prije 5000 godina. Udomaćena pšenica i ječam su stigli do Indije prije više od 7000 godina, a do Kine prije oko 2500 godina.

Krajem pleistocena su se u »Plodnom polumjesecu« mogla naći velika krda divljih ovaca, koza i goveda te područja gusto prekrivena divljom pšenicom i ječmom. No, nasadi divlje pšenice i ječma su oštro ograničeni temperaturom, tlom i vlagom te stoga raspršeni i teški za žetvu. Osim toga, zrnje divlje pšenice i ječma vrlo lako otpada kad biljka dozrije, što također otežava žetvu, a žetva prije dozrijevanja dovodi do truljenja. Dodatni problem je čvrsta i neprobavljiva zaštitna ljuska (»pljevica«) divlje pšenice. Sve te, i neke druge, probleme je trebalo riješiti udomaćivanjem da bi ulaganje energije u ratarstvo bilo isplativo.

Arheološka nalazišta na području Bliskoga istoka iz doba od prije otprilike 22 000 godina do otprilike 16 000 godina otkrivaju kameno oruđe, pepeo i kosti velikih kopitara (gazela, divlji magarac, divlje govedo). Temeljna društvena jedinica bila je skupina od nekoliko obitelji, 15 – 20 osoba, koja se sezonski kretala loveći i skupljajući bilje. Danas se to doba na području Levanta (jugoistočna Anatolija, zapadna Sirija i Jordan) dijeli na tri tipa kulture:

- i) kebaranske kulture (oko 20 000. pr. Kr. – 12 500. pr. Kr.),
- ii) geometrijske kebaranske kulture (oko 12 500. pr. Kr. – 10 500. pr. Kr.),
- iii) natufijenske kulture (oko 10 500. pr. Kr. – 8500. pr. Kr.).

Jedna od odlika koje ih razlikuju je oblik mikrolita – malog kamenog oruđa.

U nalazištima kebaranskih kultura nema ničega što bi upućivalo na djelatnosti koje bi vodile do ratarstva. No nalazi pokazuju da su u prehrani osim ulovljenih životinja koristili divlji ječam i pšenicu te druge plodove.

No u nalazištima natufijanskih kultura imamo jasne dokaze početaka poljodjelstva. Po prvi put nalazimo kameno oruđe koje pokazuje obrazac trošenja karakterističan za žetvu žitarica. Nalazi se također mnoštvo kamenih ručnih žrvanja, tučaka, batova i posuda koji pokazuju tragove duge uporabe. Takvo je teško kamenje ponekad donošeno s udaljenosti od 30 km, što se ne zapaža u prethodnim periodima. Istraživanja trošenja zuba ukazuju na prehranu žitaricama, no ti su ljudi i dalje lovili divlje gazele, jelene, koze i magarce.

U natufijenskim kulturama nalazimo i novi tip naselja. Neki od baznih logora su mnogo veći nego oni iz prijašnjih vremena, i do 1000 m², i moguće je da su ljudi u njima živjeli pola godine ili duže. U nekim se opažaju kameni temelji. Neke su natufijenske skupine nastavile živjeti u pokretu, no neke su se uspostavile sjedilačke zajednice. Jedno takvo naselje u današnjem Izraelu je činilo oko 50 koliba ukopanih u tlo, promjera 2,5 m do 9 m, s rupama za skladištenje divljih žitarica

2.2.4. Ratari i stočari

Dvije su putanje vodile iz paleolitika k proizvodnji hrane:

- i) Jedna od skupljanja plodova do hortikulture žitarica i konačno do agrikulture temeljene na plugu. Vrtlarstvo, hortikultura, se razlikuje od intenzivirane agrikulture u kojoj se koriste navodnjavanje, plug i životinje za vuču, a koja se je kasnije razvila u prvim civilizacijama na Bliskom istoku.

- ii) Druga od lova do stočarstva i pastirskog nomadizma.

Te su alternative ovisile o okolišu. Stalna sela i hortikultura su nastali u klimama bogatim atmosferskom ili površinskom vodom. Na travnjacima presuhim za obradu je nomadsko stanovništvo s krdima životinja nastavilo s nomadskim načinom života. Jedan je put doveo do nomadskih društava, poput Mongola i Beduina; drugi, posebno u obliku u kojem je kombinirano ratarstvo i stočarstvo, do velikih agrarnih civilizacija i naposljetku do industrijalizacije.

Lov i skupljanje su preživjeli uz proizvodnju hrane, ali tamo gdje su niknula neolitička naselja temelj gospodarstva je postalo uzgajanje usjeva na malim raščišćenim površinama.

2.3. Proizvodnja hrane – temeljna neolitička tehnička inovacija

Neolitički su ljudi zadržali ovisnost o biljkama i životinjama koju je ljudski rod razvio tijekom 2 milijuna godina, ali su se tehnike njihovog iskorištavanja i društveni sustav zasnovan na tim tehnikama, korjenito promijenili.

2.3.1. Udomaćivanje biljaka i poljodjelstvo

Prije oko 11 000 do 9000 godina ljudi su počeli udomaćivati biljke, što je vjerojatno najvažniji događaj u povijesti čovječanstva. Ratarstvo je promijenilo način organizacije ljudskog društva. To je početak neolitika ili mlađeg kamenog doba, koje je dovelo do dramatičnih društvenih promjena.

Kultiviranje biljaka, poput pripitomljavanja životinja, moralo je imati neki slučajni početak u obitavalištima čovjeka. Moralo se zapaziti da sjemenke i korijenje rađaju nove biljke u pogodnim okolnostima. No sustavna obrada zemlje ovisi o svijesti o prirodnim procesima i godišnjim dobima te o odabiru prikladnog područja, poput dolina velikih rijeka na Bliskom istoku, za jedan više ili manje svjestan društveni pokus. Rezultat je bio izvor hrane koji je pokrenuo neolitičku revoluciju.

Udomaćivanje je proces, a ne tek čin, koji uključuje pripitomljavanje, uzgajanje, genetsko selektiranje, a povremeno i uvođenje biljaka u novo ekološko okruženje. Npr. divlja pšenica je krhka i njezine sjemenke lako raznosi vjetar i životinje, što joj omogućuje da preživi u prirodnim okolnostima. Udomaćena pšenica pak zadržava sjeme, što olakšava žetvu, ali ju čini ovisnom o čovjeku (što i čovjeka, s druge strane, čini ovisnim o pšenici).

Poljodjelstvo u najjednostavnijim oblicima zahtijeva raščišćavanje i usitnjavanje ne pretjerano suhog površinskog tla, sisanje i pokrivanje

sjemena, uništavanje korova i zalijevanje, žetvu i sigurnu pohranu uroda uz odvajanje sjemena za sljedeću sjetvu. Za svaku se sjetvu isprva moglo naći nedirnuto tlo – *ekstenzivna poljoprivreda* – ali kad je postalo nužno ili poželjno obrađivati isto tlo iz godine u godinu, javila se potreba za dubljom obradom, da se odloži iscrpljivanje tla. Tu je ključan bio izum pluga, koji se je u cijelosti razvio tek kad se je tijekom srednjeg vijeka čovjek suočio s obradom teških tala sjeverne Europe. U Mezopotamiji i Egiptu pak je veći problem bilo navodnjavanje.

Ljudi su na raznim mjestima u svijetu neovisno udomaćili i počeli kultivirati razne biljke:

- i) Bliski istok: pšenica (do 8500. pr. Kr.), ječam (do 7000. pr. Kr.), leća (do 7000. pr. Kr.), lan (do 3000. pr. Kr.), grašak, raž;
- ii) Afrika: proso i sijerak;
- iii) Jugoistočna Azija: riža (do 7000. pr. Kr.), proso (do 6500. pr. Kr.), soja (do 1500. pr. Kr.);
- iv) Srednja Amerika: kukuruz (do 5000. pr. Kr.)
- v) Južna Amerika: grah i krumpir (oko 8000. pr. Kr.), tikva;

Prije svega dolazi odabir biljaka za uzgoj. U pretpovijesnoj Europi nalazimo veliku raznolikost i uzgoj nekih biljaka koje danas više ne koristimo. Sadržaj želuca čovjeka iz Željeznog doba, očuvanog u danskom tresetištu 2000 godina, pokazuje da je jeo mnoge biljke koje danas smatramo korovom, a od kojih su neke prije bile udomaćene. Povrće ne ostavlja mnogo traga u arheološkim nalazištima, ali je zbog brzog rasta vjerojatno rano udomaćeno. Voće zahtijeva duži razvoj i vjerojatno je stoga udomaćeno relativno kasno, ali su u europskim nalazištima iz kasnog neolitika nađene smokve, jabuke, kruške i šljive. Orašasti plodovi su odavno bili važni pri skupljanju hrane. Važne su i uljarice. Ostaju dvije važne postaje: mahunarke i žitarice. Grah, grašak i leća su udomaćeni u Europi od neolitičkih vremena. No najvažnije su postale žitarice. Primitivne vrste pšenice i ječma su nađene na najstarijim ratarskim nalazištima. Raž je zauzela mjesto pšenice na sjeveru kad je pogoršanje klime krajem Brončanog doba potisnulo pšenicu južnije.

2.3.2. Neolitičko poljodjelsko oruđe

Udomaćivanje je dugo bilo postupak pokušaja i pogrešaka, isprobavane su razne biljke i razni postupci uzgajanja. Uspostavljanje uobičajenih kultura je dalo prve velike viškove, viškovi su doveli do pojave specijalista, a specijalisti do specijalizacije ratarskih oruđa.

U stanovitom smislu ratarska oruđa prethode ratarstvu. Žetelački nož ili srp je izvorno razvijen za rezanje divljih trava. U Mezopotamiji je rađen od pečene gline. U Europi u najprimitivnijem obliku ima dršku od roga, užljebljenu za kremenom iverje (mikrolite). No najuobičajeniji oblik je kratka drvena drška na koju je pričvršćena kremenom oštrica. Poravnate i izglačane kamene sjekire i bradve, karakteristične za neolitik, imaju svoje mjesto i u lovačkoj i u poljodjelskoj ekonomiji. Poboljšana sjekira, pomoću koje je

počelo krčenje europskih šuma, sigurno je pomagala i u lovu. Bradva, koju smatramo drvodjeljskim oruđem, bila je rabljena i kao motika.

Neolitički ljudi nisu koristili plug, već su, kad je bilo potrebno, raščišćavali zemlju koristeći kamene sjekire, kultivirali su polja koristeći motike i štapove za kopanje. Početno su jednostavni štapovi za kopanje korišteni za sađenje sjemena, a kasnije su oni preoblikovani u svojevrsnu motiku. Zrnje je mljeveno u mlinovima načinjenim od dva kamena.

Neolitičko oruđe se je i dalje sastojalo od malog okresanog kamenja, korištenog, npr. u srpovima, ali je dopunjeno većim, često poliranim oruđima poput sjekira, kamenja za drobljenje, mužara i tučka. Rogovi životinja su bili korisni kao štapovi za kopanje i kramпови.

U ranom neolitičkom periodu oruđa su najviše izrađivana od kamena: kameni noževi, kamene sjekire s drškom od kosti, čekići, pijuci, kameni batovi, kameni vrhovi za koplja i strijele.

2.3.3. Udomaćivanje životinja

Pripitomljavanje životinja je započelo nešto ranije nego poljodjelstvo i njegova je glavna tehnička povijest dovršena mnogo ranije. Životinje su korisne na različite načine. Neke od njih pretvaraju nama nejestive biljke (travu) u jestivo meso. One su hodajuća hrana, hrana koja se ne kvari dok ju ne koristimo. One daju vrijedne sekundarne produkte, koji su bili sve više korišteni tijekom razvoja neolitika: množe se i daju nove životinje; kokoši nesu jaja; krave, ovce, koze i konji daju mlijeko – sirevi i mliječni napitci održavaju stočarska društva Azije. Izmet je kasnije postao važan kao gnojivo i gorivo. Životinje daju kožu iz koje se mogu izraditi razni proizvodi, ovce daju runo. Na neolitičkim tkalačkim stanovima vuna je prvi put ispletena u tkaninu. Životinje daju snagu za vuču i nošenje.

Domaće životinje nisu samo izvor hrane, već i industrijskih materijala, mogućnosti transporta, energije, zaštite. Stoga je lako pretjerati glede svrhovitosti ranih susreta. Jer, u očima lovca-sakupljača jedina korisna životinja je mrtva životinja. Usprkos tome, pripitomljavanje nekih životinja je prirodni ishod koegzistencije. Uz čovjeka su živjele životinje koje ga nisu ugrožavale i koje on nije ugrožavao. U nekim je slučajevima životinjama – primjerice psu i svinji – bilo u interesu da se približe čovjeku i prehranjuju otpacima. Obratno, čovjek je kao lovac mogao uočiti korisnost neke životinje kroz nenamjernu suradnju – divlji psi koji gone divljač.

Pripitomljavanje životinja se razvilo iz bliskog i dugotrajnog dodira s divljim životinjama. Primjer daju Laponci, koji slijede i koriste poludivlja krda sobova. Ljudi Starog svijeta su pripitomili govedo, kozu, ovcu, svinju, kokoš i kasnije konja. U Novom su svijetu andske zajednice pripitomile samo ljamu, alpaku i zamorca (što ukazuje na nedostatak životinjskih bjelančevina u prehrani).

Što god da se događalo ranije u smislu koraka k pripitomljavanju, napose psa (prije 12 000. pr. Kr.), prvi veliki poticaj pripitomljavanju drugih životinja na velikoj skali je dalo neolitičko ratarstvo. Stalna naselja su olakšala zaštitu stoke i omogućila korist od njezina množenja. Nezasijana polja, ugar, su bila dobra za ispašu, a ljudima nije trebalo mnogo da od

uzgoja žita za sebe prijeđe na uzgoj krme za stoku. Osim mlijeka i mesa, goveda, ovce i koze su davale materijal za odjeću, zaklon i spremnike. Od uporabe psa kao pomoćnika ljudskim nogama u lovu nije trebalo puno do uporabe većih životinja za nošenje tereta, a od nošenja tereta slijedi vučenje tereta i jahanje.

Pripitomljavanje počinje fazom u kojoj je slučajno i djelomično, tako da je uobičajeno križanje s divljim oblicima. Kad se udomaćeni soj posve odvoji od divljeg i počne uzgajati, javljaju se karakteristične odlike. Tako su neolitički migranti sa sobom u Europu doveli posebne sojeve ovaca, goveda i svinja. Tada počinje svjesna kontrola rasploda sa ciljem razvoja poželjnih karakteristika, a križanje s divljim sojevima se pokazuje kao nepoželjno. Na Bliskom istoku ta je faza dostignuta prije oko 5000 godina.

Spiljski ostaci daju neke naznake poretka pripitomljavanja, koji se čini vjerojatan. Prvi su došli strvinari, iz prije navedenih razloga, prije svih pas i, u ranijem periodu, šakal, te svinja (do 7000. pr. Kr.).

Zatim dolazi skupina životinja koje u divljini sezonski migriraju i koje su stoga možda u nekoj mjeri došle u odnos s čovjekom dok je još bio nomad. To su sob, koza (Iran, do 7500. pr. Kr.) i ovca (sjeverni Irak oko 8500. pr. Kr.). Pripitomljavanje goveda, koje, barem u početku, zahtijeva sjedilački život, sigurno pripada vremenu ratarstva. Prvo poznato pripitomljeno govedo je iz vremena oko 6500. pr. Kr., s juga današnje Turske. Tom periodu pripada i izrada košnica za pčele (oko 3000. pr. Kr.), koje su do modernog vremena bile glavni izvor zaslađivača. Uz ljude koji uzgajaju žito sami su sebe udomaćili miš, štakor i domaći vrabac. Domaće patke se javljaju do 2500. pr. Kr. na Bliskom istoku, a guske do 1500. pr. Kr. u Europi.

2.3.4. Transport

Posljednju skupinu udomaćenih životinja čine životinje pripitomljene prije svega za transport: magarac, konj, ljama i deva. Čini se da su konj i deva zadnji, njihova uporaba gotovo da nije zabilježena prije 2000. pr. Kr. No za konja postoje i drukčija mišljenja. Britanski arheolog Paul Bahn je iznio tezu da su na spiljskim slikarijama u Francuskoj prikazani konji koje su paleolitički lovci zauzdali još oko 15 000. pr. Kr. Ipak, najstariji čvrsti dokazi o udomaćivanju konja potiču iz oko 3000. – 4000. pr. Kr. To su konjski zubi iz nalazišta u južnoj Ukrajini, a koji pokazuju tragove trošenja zbog struganja žvala u ustima. Te su vjerojatno bile izrađene od konopa, budući da najstarije poznate metalne konjske žvale potječu iz oko 1500. pr. Kr. Ljama je udomaćena u Peruu do 3500. pr. Kr., magarac do 3000. pr. Kr. na Bliskom istoku, deva do 3000. pr. Kr.

Do pripitomljenja životinja jedini čovjekov izvor energije bili su vlastiti mišići. Vjerojatno su prve terete nosile žene – djecu i hranu koju su prikupile – dok su muškarci lovili. Stoga su vezanje svežnja za nošenje na leđima ili vučenje na prikladnoj grani doprinosi tehnici koji vjerojatno imaju žensko podrijetlo.

Ne znamo kad je teret prvi put sa ženskih leđa ili nečeg što je vukla za sobom preseljen na leđa pripitomljene životinje. Nema relevantnih podataka

o tome iz ranog perioda udomaćivanja životinja. Pouzdano znamo da je magarac korišten za prenošenje tereta u Egiptu početkom ranog dinastičkog perioda, oko 3000. pr. Kr. Budući da je u to vrijeme u Mezopotamiji već bio upregnut u vozilo, možemo pretpostaviti da je kao teretna životinja do tad već služio kroz mnoga stoljeća. Do 2000. pr. Kr. karavane natovarenih magaraca su na Bliskom istoku postale uobičajene.

Najstarija poznata plovila su izdubljena velika debla iz oko 9000. pr. Kr. (Nizozemska, Danska, Njemačka, Finska). Neka takva plovila pronađena u Danskoj, a načinjena oko 5000. pr. Kr., duža su od 10 metara. Takva su polovila pronađena i u drugim dijelovima svijeta: primjerice, u Japanu (oko 7500. pr. Kr.), u Nigeriji (oko 6000. pr. Kr.) itd. Neki su takvi čamci bili duži od 30 metara.

2.4. Ostale neolitičke tehničke novine

Kao dodatak tehnikama i vještinama uključenim u ratarstvo i stočarstvo, nekoliko se pomoćnih tehnologija razvilo kao dio prijelaza u neolitik. Pri definiranju neolitika uz proizvodnju hrane valja spomenuti i proizvodnju predmeta od keramike i bakra, poznavanje tkanja te glačanje nekih predmeta od kamena.

U posljednjem slučaju je riječ o manje bitnoj inovaciji, jer se na kamen primjenjivala tehnika obrade kostiju, poznata i u kasnom paleolitu, a možda i ranije. Glačanje nije tipično za neolitik, primjerice glačanje nekih predmeta od kamena se u Japanu prakticiralo prije 20 000 godina. Ugladivani su samo predmeti koji su imali funkciju rezanja, poput sjekira i bradvi, a drugi, poput noževa i bodeža, su glačani samo rijetko.

Za neke novine (lončarstvo) postoji jasna potreba. Neke su posljedica novih mogućnosti koje su se pokazale korisnima (tkanje). Neke isprva nisu ni potrebne ni korisne ali su zabavne, lijepe, inventivne i sl., a njihova se korisnost pokazala tek kasnije (obrada bakra).

2.4.1. Lončarstvo i nastambe od opeke

Lončarstvo je nova tehnika koja čini ključni dio neolitičke revolucije, a pojavilo se neovisno na više mjesta. Paleolitički su ljudi proizvodili keramiku od pečene gline, ali ništa u njihovom gospodarstvu ne iziskuje daljnji razvoj te tehnike. Neke skupine iz kasnog paleolitika su već primijetile da se glina stvrdnjava u vatri (figure od terakote iz Moravske).

Glinene posude

Najstarije poznate keramičke posude su napravljene u Japanu prije 12 000 godina, još u doba paleolitika, dok se u drugim područjima pojavljuju početkom neolitika. Prije otkrića keramike čovjek je za pohranu i prijenos

tekućina rabio izdubljene tikve ili kožne mješine, a za krute tvori košare od prepletenih vlakana te posude od kamena i drveta. Prve keramičke vaze često imaju oblik tih posuda ili imitiraju njihove dekoracije. Neolitičke su zajednice koristile žbuke u gradnji i lončarstvo je moglo nastati iz tehnika ožbukavanja košara.

Lončarstvo se vjerojatno razvilo iz izrade košara i sigurno nije postalo važno sve dok neolitski čovjek nije prihvatio sjedilački način života – žitarice i mahunarke koje su činile velik dio njegove prehrane zahtijevaju dugo kuhanje u posudi koja može podnijeti toplinu. Tek tada imamo slučaj raširene uporabe posuda koje se razbijaju jednako lako kako se i izrađuju.

No teže je napraviti posudu nego figuricu. Treba naučiti očistiti glinu i dodati joj sijeno ili komadiće kamena ili školjke kako ne bi bila premasna i iskrivila se tijekom sušenja i pečenja. Zatim treba naučiti oblikovati vazuu i ostaviti je da se suši na suncu prije pečenja.

Lončarsko kolo

Negdje između 6000. pr. Kr. i 4000. pr. kr. došlo je u Mezopotamiji do inovacije u lončarstvu. Dotad su predmeti izrađivani pomoću kalupa ili slaganjem glinenih prstenova. No u ovo se doba počinje rabiti primitivno lončarsko kolo. Bio je to u početku naprosto okrugli stolić koji se mogao vrtjeti na vertikalnoj osovinu i koji se vrtio štapom ili rukom. Taj je izum znatno ubrzao postupak izrade keramičkih predmeta i zacrtao put daljnjeg razvoja, k pravom lončarskom kolu, mnogo stoljeća kasnije.

Pečenje gline

Lončarstvo je »pirotehnologija«, tajna lončarstva je u tome da iz gline izlazi voda kad se ona »peče« na vatri, što ju pretvara u umjetni kamen. Neolitičke su peći davale temperature do 900° C. Kasnije, u Brončanom i Željeznom dobu, ta je neolitička pirotehnologija omogućila razvoj metalurgije.

Najstariji poznati postupak pečenja keramike je jamsko pečenje. Posude se slože u jamu iskopanu u zemlji i pokriju gorivom. Napunjena se jama zapali i nadgleda dok ne gorivo posve ne izgori. Najviša temperatura koja se može postići na ovaj način je oko 1100° C.

Od oko 6000. pr. Kr. imamo prve dokaze o uporabi peći za pečenje keramike u Mezopotamiji. To je omogućilo odvajanje posuda od vatre i time veće mogućnosti različitih oblika i boja lončarije.

Glinene opeke

U Europi su ljudi tijekom neolitika i kasnije gradili kuće od drveta. Neke su kuće bile na stupovima, da bi se osigurala zaštita od vode ili kao mjera opreza zbog sezonskih poplava. Nastambe od kamena su iznimka, na mjestima bez drvene građe. U Stonehengeu su blokovi slagani tehnikom utora i pera, preuzetom od tesara. Utvrde na brdima su imale zidove od građevnog drveta, a i nastambe unutar njih su imale krovove poduprte drvenim gredama.

S druge strane, na Bliskom istoku, gdje nema toliko drvene građe, seljaci su istočno od Tigrisa, od početka neolitika i prije uporabe pečene keramike, gradili svoje kuće od isušene gline (tj. opeka sušenih na suncu) i od doba Jerihona postoje primjeri zidina od opeke, s utorima za drvene grede. U suhoj klimi takve građevine traju dugo. U Mezopotamiji je glina ostala glavni građevinski materijal tijekom 6000 godina. U dolini Nila, pak, ima kamena, no na njega je država imala monopol, a glina je bila građevinski materijal za većinu.

Glina je za opeke pripravljana dodavanjem vode i nasjeckane slame ili balege, da bi se spriječilo pucanje ili iskrivljavanje. Nakon toga su, isprva rukama, a kasnije u pravokutnim drvenim kalupima bez dna, oblikovane opeke i ostavljene da se suše, uz preokretanje. Uz dodavanje više vode ista je mješavina gline korištena i za žbuku i za zidanje. Kuće od opeke sušene na suncu nalazimo u Jerihonu već oko 9000. pr. Kr.

2.4.2. Tkanje

Pripitomljavanje koze, ovce i ljame je dovelo do izuma tkanja, ali tek nakon određenih mutacija do kojih je došlo uslijed pripitomljavanja. Tek je tada runo tih životinja postalo pogodno za pređenje i tkanje. Vunena je odjeća postupno zamijenila odjeću od kože ili krzna. Ljudi su ubrzo naučili rabiti i biljne vrste, poput lana, koji se u zapadnoj Aziji, Egiptu i Europi već uzgajao kao uljarica, te pamuka, koji se počeo uzgajati u Indiji i srednjoj Americi.

Postoje dokazi o pletenju prostirki i košara iz vrlo ranih vremena. Nije poznato je li u to doba izrađivana odjeća od niti, ali su na mnogim mjestima nađena primitivna vretena. To pokazuje da su niti izrađivane odavno, ali nema dokaza o pletenoj tkanini. Vjerojatno su ljudi tijekom peleolitika izrađivali košare, prostirke i čak užad prije tkanine, koja zahtijeva uporabu ispredene niti i obrazac tkanja putem ukrštanja potke i osnove, no to je ipak samo pretpostavka.

Tkanine su se nezavisno pojavile u različitim dijelovima svijeta. Tek je u neolitiku potreba za odjećom i posudama narasla do mjere u kojoj su tehnike tkanja procvale. Komad platna od konoplje pronađen u Çatal Hüyük star je oko 10 000 godina. Najstariji ostaci iz Egipta stari su oko 7000 godina – prostirke, spiralne košare i primitivne tkanine, a najstarija pronađena užad iz tog područja je nekoliko stoljeća mlađa.

Proizvodnja tkanina zahtijeva više međusobno povezanih tehnika: striženje ovaca ili uzgajanje lana ili pamuka; preradu sirovoga materijala; pređenje niti; izradu tkalačkih stanova; bojanje prediva; tkanje tkanine. Pri razmatranju pojave proizvodnje tekstila u neolitiku ne smijemo previdjeti simboličku i informacijsku ulogu koju odjeća ima u svim društvima.

U košaraštvu su korišteni trska, šaš i trave, ali glavni materijal za tkanine na drevnom Bliskom istoku je bio lan, koji je uzgajan i zbog ulja i uzgoj kojeg je bio dobro uspostavljen do 3000. pr. Kr. Za uporabu treba odvojiti vlakna od ostatka stabljike, najprije namakanjem, radi omekšavanja, te potom grebanjem i češljanjem.

2.4.3. Uporaba kovina i rudarstvo

U neolitičkom okruženju su stotine tehnika, malih i velikih, oblikovale novi način života. Ljudi su tijekom neolitika gradili trajne strukture od drveta, opeka i kamena, koje svjedoče o velikom obrtničkom umijeću, a razvili su čak i svojevrsno kovinarstvo, rabeći komade sirovog bakra koji se mogu naći u prirodi. Primjerice, za znamenitog »Ledenog čovjeka«, smrznutu mumiju koja se pojavila 1991. zbog povlačenja ledenjaka u Alpama, najprije se mislilo da pripada nekoj kulturi Brončanog doba, jer je nosio bakrenu sjekiru. No pokazalo se da je živio oko 3300. pr. Kr. Bio je to neolitički čovjek s oružjem od hladno kovane kovine. Metalurgija je prva strateška tehnika, ona je omogućila napredak u ogromnom području tehnike, koje ne bi bilo osvojeno korištenjem drveta ili kamena. Uporaba kovina je omogućila nove i prije nezamislive alate i oruđa.

Prva kovina koju su ljudi rabili je bakar, no moguće je da je i prije njega korišteno meteoritsko željezo i zlato. Dokazi o korištenju sežu do 9000. pr. Kr. Bakreni privjesak nađen u sjevernom Iraku datiran je na 8700. pr. Kr. Za razliku od željeza, bakar se može naći u prirodi u metalnom stanju, kao komadi kovine pomiješani s rudama. No te su prirodne zalihe metalnoga bakra brzo iscrpljene. Prirodno željezo u metalnom stanju je isključivo meteoritskog podrijetla i postoje neki dokazi ranog korištenja takva željeza. Rude bakra se mogu naći u sjevernoj Siriji i Turskoj, gdje su se oblikovale rane ratarske zajednice. Stoga su ljudi vjerojatno naišli na metalni bakar, privučeni njegovom zelenkastom bojom. Za razliku od kamena, ta se kovina ne može pretvoriti u oruđe odbijanjem dijelova, ali se može lako savijati i kovati, i stoga je u početku rabljena za male ukrase. Bakar je toliko mekan da je uglavnom nekoristan za izradbu većine oruđa i oružja. Korišteni su i zlato i srebro, ali vrlo rijetko.

Budući da je bakar relativno mekan lako ga se može hladno kovati kamenim čekićima. Hladno kovanje može gotovo udvostručiti tvrdoću bakra, gotovo do tvrdoće čistoga željeza, ali je bakar tada krhak i vrlo lako puca. No lagano zagrijavanje može očvrnuti bakar, koji se nakon toga može hladno kovati, čime se mogu dobiti prilično dobra oruđa. Neke od najranijih izrađevina od bakra su nađene u Anatoliji (Turska), a datiraju iz otprilike 7000. pr. Kr. Najpoznatije su bakrene kuke i šila iz Çayönü Tepesi na istoku Turske. Tu se opažaju neki od najranijih pokušaja obradbe bakra pomoću vatre (pirotehnologija) uz hladno kovanje. Kuke i šila su bili zagrijavani i tada kovani u željeni oblik, ali kovači bjelodano nisu znali kako kaljenje i hladno kovanje utječu na bakar, jer su predmeti ostavljeni u mekom stanju, bez završnog kovanja. Zanimljivo je spomenuti da je oko 6500. pr. Kr. u Çayönü Tepesi korištena žbuka od gipsa, koji se dobiva zagrijavanjem vapnenca na oko 900° C, ali nema nalaza pečene lončarije.

Izrađevine od bakra su nađene i u jednom od najranijih gradova, Çatal Hüyükü (današnja istočna Turska), a datiraju iz oko 6000. pr. Kr.

Lijevanje i taljenje bakra

Znakovi lijevanja bakra opažaju se oko 5500. pr. Kr. Najstariji poznati predmet izrađen od lijevanog bakra je bakreno dlijeto nađeno u Prokuplju u Srbiji, a datira se oko 5500. pr. Kr. U isto doba spada jedno od najvažnijih otkrića u povijesti: dobivanje bakra iz njegovih ruda. Ta je inovacija imala golem utjecaj na razvoj društva tijekom sljedeće dvije tisuće godina. Ona je dala novi materijal, dovela do izuma bronce, boljeg materijala za izradu oruđa, ali i osigurala tehnologiju za uporabu željeza nekoliko stoljeća kasnije. Taljenje bakra vjerojatno se je razvilo iz opažanja produkata peći za pečenje keramike.

Taljenje bakra iz rude podrazumijeva miješanje rude s nekim prikladnim gorivom, poput drvenog ugljena ili drveta, i stavljanje mješavine u vatru. Obične vatre u ognjištima ili pećima za keramiku nisu mogle dati temperature potrebne za taljenje bakra (oko 1100° C). Stoga je moguće da su za podjarivanje vatre i postizanje potrebne temperature korištene puhaljke načinjene od trske. Rastaljena se je kovina nakupljala na dnu, dok su se nečistoće u obliku šljake (troske) uklanjale s površine.

Rudarstvo

Kremen je u Starom svijetu tisućama godina bio ključni materijal za izradu oruđa i kad je potražnja za kremenim sjekirama (kojim su prvi ratari krčili tlo) nadišla ponudu iz površinskih kopova, otvoreni su podzemni rudnici. Oko 4000. pr. Kr. u zapadnoj je Europi otvoreno mnogo rudnika kremenca. Okna su bila duboka 10 – 15 m. Korišteni su trnokopi od jelenjih rogova i lopate od govedih lopatica. Kapanje bakra je počelo još oko 4500. pr. Kr., u današnjoj Srbiji. Rudnici su bili duboki do 20 m. Balkan je postao jednim od glavnih izvora bakra u Starom svijetu. Najstariji rudnici su u planinskim područjima sjevernog Iraka, Libanona, Sirije, Anatolije i Balkana.

2.5. Društvene posljedice neolitičkoga načina života

Neolitik je bio i društvena revolucija i doveo je do radikalne promjene načina života. Društvene i političke institucije, zakonodavstvo i duh opažanja, sjeme znanstvenog razmišljanja su više-manje vezani uz uvođenje neolitičkoga načina života, baš kao i ratovi i društveno raslojavanje koji će se potom pretočiti u tisućljeća dominacije vojnih i vjerskih kasti. U ovom se smislu može govoriti o revoluciji; riječ je o najznačajnijem zaokretu u razvoju ljudske civilizacije.

2.5.1. Promjene u prehrani

Jedna od posljedica neolitičkoga načina života bila je korjenita promjena ljudske prehrane. Dok je u paleolitiku bila pretežno mesna, u neolitiku se uglavnom zasnivala na žitu i pšenici u zapadnoj Aziji i Europi, riži u južnoj i istočnoj Aziji, sirku i prosu u Africi te kukuruzu u Americi. Žitarice su se konzumirale nakon mljevenja i kuhanja u nekoj tekućini ili kao lepinje i hljebovi.

Konzumacija mesa se znatno smanjila, ali je pripitomljavanje životinja obogatilo prehranu mlijekom i mliječnim prerađevinama. Izum keramike omogućio je kuhanje i pečenje. Meso se peklo odavno, a neke su zajednice poznavale tehniku grijanih kamena: kožne mješine ili istkane košare su se odlagale u rupe koje su punjene vodom, a u nju se uranjalo užareno kamenje kako bi voda proključala te se tako kuhalo meso. Zbog zamjene mesne prehrane biljnom postala je potrebna uporaba soli, koja je ubrzo postala predmetom trgovine i na velikim udaljenostima.

2.5.2. Stalna naselja

Posljedice proizvodnje hrane najvidljivije su na društveno – gospodarskom planu. Poljoprivrednici su vezani uz svoja polja i prisiljeni su trajno se nastaniti u njihovoj blizini. Velike količine zrnja je teško prenositi, a žetva se mora obaviti u pravom trenutku, u roku od nekoliko dana. Stoga je jedna od prvih promjena trajno nastanjivanje u selima s čvrstim nastambama, mnogo čvršćim od gornjopaleolitičkih koliba.

Jedna od povijesno najvažnijih značajki poljoprivrede jest da ona ne daje tek veliku količinu hrane, već i pouzdanu i predvidljivu količinu hrane, što je omogućilo porast gustoće stanovništva i život u stalnim naseljima tijekom cijele godine, tj. sjedilačke zajednice. Takve se zajednice na Bliskom istoku pojavljuju i do 1000 godina prije udomaćivanja pšenice ili ječma.

Između oko 9000. pr. Kr. i 7000. pr. Kr. zapaža se postupna promjena od naselja kružnih koliba do naselja pravokutnih koliba. Moguće je da je ta promjena uvjetovana promjenom organizacije društva, pri čemu ekonomska jedinica postaje jedna obitelj, za razliku od prijašnje skupine lovaca-skupljača. U naseljima kružnih koliba skladišta hrane su uobičajeno zajednička, a u selima pravokutnih koliba obiteljska.

Primjer te promjene je jedna rana poljodjelska zajednica u današnjem Jordanu, stara oko 9000 godina. U najranijoj fazi ljudi su tu živjeli u malim polukružnim kolibama i gotovo sav život je tekao u istoj prostoriji. Skladišta su bila zajednička. No s vremenom su ljudi u tom naselju počeli graditi veće pravokutne kolibe, podijeljene na prostore za razne djelatnosti (spavanje, izrada oruđa, skladišta hrane). U središtu naselja su izgrađene veće građevine, za zajedničke djelatnosti.

Među neolitičkim skupinama su postala uobičajena decentralizirana i samodovoljna stalna sela, koja je činilo 10 – 20 kuća, s nekoliko stotina stanovnika. U usporedbi s manjim paleolitičkim skupinama, seoski je život podupirao skupine obitelji ujedinjenih u plemena. Neolitička je kuća postala

središte društvene organizacije, proizvodnja se odvijala na osnovi kućanstva. Život u kući je mogao prisiliti ljude da na novi stav spram javnog prostora, privatnosti i gostoljubivosti. Neolitički su ljudi počeli eksperimentirati s halucinatornim drogama i fermentiranim napitcima.

2.5.3. Vlasništvo, pljačke i ratovi

Pojam vlasništva postojao je i kod lovaca skupljača, gdje je svaka zajednica imala svoje područje lova, no kod poljoprivrednika on postaje odlučujuće važan, jer oni posjeduju polja, životinje, kuću i oruđe. Premda je među paleolitičkim ljudima sigurno bilo sukoba oko teritorija i sl., tek su u neolitiku ljudi uspjeli proizvesti višak hrane i dobara vrijedan krađe i stoga vrijedan čuvanja. Uz vlasništvo idu i pljačke, krađe i ratovi. Zajednica čija je ljetina uništena pokušat će opljačkati drugu zajednicu, koja će se pak braniti svim sredstvima. Takvi su ratovi vjerojatno bili česti, što potvrđuju utvrde nazočne u većini neolitičkih sela.

2.5.4. Specijalizacija djelatnosti i raslojavanje društva

U selima je sve prisutnije razdvajanje aktivnosti. Dolazi do specijalizacije, a društvo se raslojava i postaje sve složenije.

U ranom neolitiku gotovo da nije bilo specijalizacije koja bi izdvajala pojedince koji kruh zarađuju isključivo kroz svoje umijeće. Kasnije su se okolnosti promijenile, jer su veći viškovi i povećanje razmjene doveli do razvoja složenijih i bogatijih naselja, sa specijaliziranim lončarima, tkalcima, zidarima, izrađivačima oruđa, svećenicima i glavarima, koji se ne bave drugim poslovima.

Društveno raslojavanje je držalo korak s porastom proizvedenih viškova. Do kasnog neolitika su se pojavila društva s niskom razinom hijerarhije, plemena s poglavicama ili, kako kažu antropolozi, društva »velikih ljudi«. Ta su se društva temeljila na srodstvu, istaknutosti i moći prikupljanja i preraspoređivanja dobara, ponekad u velikom obilju. Vođe su sada nadgledale resurse 5000 – 20 000 ljudi. No, oni još nisu bili kraljevi, jer su relativno malo zadržavali za sebe i jer neolitička društva nisu niti bila u stanju proizvesti stvarno veliko bogatstvo.

2.5.5. Demografske promjene

Vjerojatno je neolitički način života imao utjecaj i na demografiju, ali o tome ne znamo puno i treba biti oprezan u zaključcima. No općenito se smatra da je neolitičko gospodarstvo, koje je davalo više hrane, moglo izdržavati više ljudi i gušće populacije (po nekim procjenama do stotinu puta gušće). Neolitička se je ekonomija brzo raširila. Do 3000. pr. Kr. na Bliskom istoku je bilo tisuće ratarskih sela, obično na dan hoda jedno od drugog.

Razvile su se složenije društvene strukture i nastala su regionalna trgovačka središta i do kasnog neolitika su se pojavili pravi gradovi.

2.5.6. Prvi gradovi

Primjer ranog grada je posebno bogati neolitički grad Jerihon, koji je do 7350. pr. Kr. već postao grad opasan zidinama od cigle, s 2000 ili više stanovnika, koji su čuvali stada i obrađivali zemlju u okolici. Jerihon je imao 9 m visoku kamenu kulu promjera 10 m u središtu i zidine opsega 700 m, 3 m debele i 4 m visoke. Zidine su bile nužne jer su viškovi pohranjeni iza njih privlačili pljačkaše. Jerihon bi mogao biti najstariji grad na svijetu, jer mu korijeni sežu 10 000 godina u prošlost. U njemu nalazimo i najstarije poznate utvrde. Njegova starost je iznenađujuća stoga što je podignut prije nego što se u tom području pojavila keramika. Na drugim je mjestima na Bliskom istoku lončarstvo bilo razvijeno puno prije no što su se pojavila urbana središta, i to bez tako razvijenih obrambenih objekata.

Podjednako star grad je Çatal Hüyük (današnja istočna Turska), vjerojatno veći od Jerihona. Oba su napuštena oko 5000. pr. Kr. iz nepoznatih razloga. U Mezopotamiji se prvi gradovi pojavljuju oko 4500. pr. Kr. (Eridu i Ur), a u Egiptu oko 4000. pr. Kr.

2.5.7. Izumiranje paleolitičkih skupina

Paleolitičke su se skupine morale prilagoditi neolitičkim gospodarstvima koja su pupala oko njih. Jedna je mogućnost bila krađa, druga preuzimanje sjedilačkog načina života. Neolitički su ljudi marginalizirali lovce-skupljače i doveli ih do istrebljenja. Ekološke posljedice neolitika su diktirale da domaće zamijeni divlje i gdje se to dogodilo neolitička se revolucija pokazala ireverzibilnom, povratak na paleolitik nije bio moguć, jer su paleolitički habitati preobraženi i paleolitički način života više ništa u prirodi nije podržavalo.

2.5.8. Odnosi među spolovima

Premda je na spolu utemeljena podjela rada vjerojatno postojala tijekom neolitika, hortikulturna su društva, smanjujući važnost lova, mogla prihvatiti veću jednakost spolova. Relativno sjedilački način života, prehrana bogata ugljikohidratima i raniji prestanak dojenja su povećali plodnost, a oslobađanje od tereta nošenja djece od logora do logora omogućilo je ženama da se brinu o više djece. Možemo isto tako pretpostaviti da je u neolitiku ekonomska vrijednost djece – čuvanje stoke i pomoć u polju – bila veća nego u paleolitiku. Arheolozi su našli uvjerljive dokaze postojanja kultova posvećenih neolitičkim božicama. Postojali su vračevi, od kojih su neki mogli biti žene. Neolitička su društva ostala patrijahalna, ali muškarci nisu bili onoliko dominantni koliko će to postati pojavom civilizacija.

2.5.9. Religija

I religija se je promijenila, no tu se treba čuvati uopćavanja. Mogu se istaknuti neke zajedničke odlike religija koje su se razvile u neolitiku. To su kultovi plodnosti uz prisutnost dvojnog načela, muškog i ženskog.

Možemo pretpostaviti da se kao posljedica neolitičke promjene u načinu življenja uspostavlja čovjekova samosvijest. Čovjek intervenira u prirodu, vidi svoj doprinos obnavljanju života, postaje partner prirodi. On postaje biće koje voljno upravlja svojim postupcima, mora ih planirati i kontrolirati. Nagoni se moraju staviti pod nadzor. Primjerice, ma koliko bio gladan, čovjek mora ostaviti sjeme i životinje za rasplod. *Volja*, a ne više život sam, postaje dominantna metafora razumijevanja svijeta.

Promjena načina života dovodi do promjene shvaćanja prirode, ona poprima drukčije obrise. Ne obožava se više život kao život, već bića i pojave dobivaju značajke osobnosti i volje. Sve u prirodi je osoba. Sve u svijetu je bog sa svojom voljom, osoba s voljom, i čovjek s njime stupa u partnerski odnos. Bogovi nisu upravljači stvari i pojava, već su poistovjeđeni s njima. Čovjek obavlja svoj dio posla u obnovi života, a bog svoj. Prinošenje žrtve je dio tehnološkoga postupka isto kao i oranje.

No i dalje se održava jedinstvo čovjeka i prirode, čovjek se prema svemu odnosi kao prema sebi sličnom, voljnom biću. Odnos je partnerski, odnos bića koja mogu komunicirati. Čovjek i bog su različita bića, ali bitno slična, stoga je priroda čovjeku i dalje razumljiva, kao njemu slično biće, i prema njoj se odnosi kao prema sebi sličnom biću.

3.5.10. Neolitička »astronomija«

Neolitička je revolucija bila tehno-ekonomski proces koji se je odvijao bez pomoći bilo kakve znanosti u suvremenom smislu. U procjeni veze između znanosti i tehnike u neolitiku lončarstvo daje primjer analogan korištenju vatre u paleolitiku. Lončari su izrađivali lonce naprosto zato jer su bili potrebni i jer su stekli potrebna umijeća. Imali su praktično znanje o ponašanju gline i vatre i premda su mogli imati neko objašnjenje pojava koje uključuje njihovo umijeće, prakticirali su ga bez ikakva sustavne znanosti o materijalima ili svjesne primjene teorije u praksi.

Nalazimo li na ikakve tragove zametaka znanosti u neolitiku? Možemo potvrdno odgovoriti u smislu neolitičke »astronomije«. Mnoštvo dokaza pokazuje da su mnogi, a možda i većina, neolitičkih naroda sustavno motrili nebo, napose gibanja Sunca i Mjeseca te su podizali astronomski uređene građevine koje su služile kao kalendar godišnjih doba.

Najbolje poznati primjer je Stonehenge u jugozapadnoj Engleskoj (tu se neolitičke zajednice javljaju do 4000. pr. Kr.). Građen je u tri glavne faze u periodu od 3100. pr. Kr. do 1500. pr. Kr., a procjene o uloženom radu se kreću do 30 milijuna radnih sati, što odgovara cjelogodišnjem radu 10 000 ljudi. 82 komada kamena mase oko 5 tona su dopremljena iz Walesa, s udaljenosti od 240 km. U jutro ljetnog suncostaja (21. lipnja) Sunce izlazi duž glavne osi građevine i na vrh kamenog stupa postavljenog izvan nje. Čini

se da je izgrađen da bi označio krajnje i srednje točke sezonskih gibanja nebeskih tijela duž horizonta pri izlasku i zalasku, što ukazuje na sustavna opažanja i svijest o pravilnostima nebeskih gibanja.

3. Urbana revolucija i prve civilizacije

3.1. Urbana revolucija

Neolitička društva nisu dosegla složenost kraljevstva, prije svega stoga što nisu bila u stanju proizvesti dovoljan višak hrane; ona nisu podigla velike gradove ili velike građevine poput palača ili hramova; ona nisu imala potrebe za pisanjem; ona nisu institucionalizirala znanje. Te su odlike razvijene tek kad su se neolitička društva stopila u »kompleksna društva« tj. civilizacije, što je bila druga velika preobrazba u društvenoj evoluciji čovječanstva. Ta se revolucija obično naziva *urbanom revolucijom*. Pojava urbanih civilizacija širom svijeta, utemeljenih na novim tehnikama navodnjavanja i obrade polja, je fundamentalna i ireverzibilna prekretnica u povijesti tehnike i čovječanstva u cjelini.

Urbana revolucija označava kraj kamenoga doba i početak brončanoga doba, kraj pretpovijesti i početak povijesti. Kao epizoda u povijesti čovječanstva i povijesti tehnike, urbana revolucija po svojim posljedicama nema premca sve do industrijske revolucije, čiji su korijeni u Europi 18. stoljeća. Urbana je revolucija započela prije otprilike 6000 godina na Bliskom istoku i u konačnici je dovela do prvih civilizacija, sa svim društvenim i povijesnim posljedicama koje ih prate:

- visoka gustoća stanovništva (veće populacije),
- gradovi,
- razvoj složenih i raslojenih društava (specijalizacija struka i oštrija podjela rada),
- centralizirana politička i gospodarska vlast (nastanak i organiziranje regionalnih država),
- institucije prisile (vojska, prikupljanja poreza, policija),
- vjerske institucije i klasa svećenika,
- monumentalna arhitektura (palače, hramovi, spomenici)
- širenje trgovine,
- novac,
- standardizirani utezi i mjere,
- kontrola nad mineralnim izvorima,
- nastanak pisma, matematike i astronomije.

Gospodarski temelj prvih civilizacija je novi oblik intenziviranog poljodjelstva, različit od neolitičkog poljodjelstva ili stočarstva: hidraulički (općenito putem umjetnoga navodnjavanja) intenzivirano poljodjelstvo. Tu je jednostavno vrtlarenje zamijenjeno obrađivanjem polja zasnovanim na velikim mrežama za upravljanje vodama, građenim i održavanim putem javnih radova, koje su izvodile skupine okupljene na temelju radne obveze (tlake) i koje su nadgledali inženjeri u službi države. U Starom je svijetu plug kojeg vuče vol zamijenio motiku i štap za kopanje. Umjesto primitivnog

poljodjelstva na razini dovoljnoj tek za preživljavanje, sada imamo proizvodnju velikog viška žitarica (prema procjeni barem 50% više od neolitičke proizvodnje), viška koji se moglo oporezovati, spremati i raspodjeljivati prema potrebi. Tim složenim sustavima ratarske proizvodnje upravljale su centralizirane političke vlasti s kraljem ili faraonom na čelu.

Civilizirani život od početka karakterizira specijalizacija struka i oštija podjela rada. Obrtnička proizvodnja više nije bila isključivo element domaćinskog sustava proizvodnje, nešto čemu se posvećuje dio vremena, već je postala posao specijaliziranih obrta, a oni koji su ih prakticirali zarađivali su kruh isključivo kroz razmjenu za obavljanje umijeća svoga obrta. Čini se da su neki »industrijski« kvartovi ranih gradova bili prepušteni nekim obrtima i obrtnicima.

3.2. Kroćenje rijeka

Urbana je revolucija započela neovisno na više mjesta u Starom i Novom svijetu. Isti se obrazac stapanja neolitičkih naselja u centralizirana kraljevstva, na temelju intenziviranoga poljodjelstva, može prepoznati na barem šest različitih mjesta:

- i) Mezopotamija, oko 3500. pr. Kr.
- ii) Egipat, oko 3400. pr. Kr.
- iii) Dolina Inda u Indiji, oko 2500. pr. Kr.
- iv) Duž Žute rijeke u Kini, oko 1800. pr. Kr.
- v) U Srednjoj Americi, oko 1300. pr. Kr.
- vi) U Južnoj Americi, oko 300. pr. Kr.

Nastanak i razvoj tih civilizacija je u biti neovisan i nije ishod širenja iz jednog središta pa ih stoga sve smatramo *prvobitnim civilizacijama*.

3.2.1. Hidraulička hipoteza o nastanku prvobitnih civilizacija

Nastanak kompleksnoga društva je složen problem, ništa lakši od pitanja nastanka neolitičkih društava. Taj je problem predmet istraživanja arheologa i antropologa, pri čemu mnogi priznaju važnost hidrologije i ekologije. Prema jednoj od utjecajnih hipoteza, nama zanimljivoj u kontekstu povijesti tehnike, smatra se da je intenzivirano poljodjelstvo, potaknuto velikim hidrauličkim inženjerskim projektima, bilo ključni element u oblikovanju velikih, vrlo centraliziranih birokratskih država. Smatra se da tu, tzv. *hidrauličku hipotezu*, a koja nastanak prvobitnih civilizacija povezuje s tehnikom izgradnje i održavanja velikih hidrauličkih sustava, podupire činjenica da su prvobitne civilizacije nastale u hidraulički nepogodnim područjima, tj. tamo gdje je manjak ili višak površinske vode zahtijevao hidrauličko inženjerstvo za uspješno intenzivno ratarstvo.

U subtropskim je područjima poljodjelstvo s navodnjavanjem vrlo produktivno i moguće je postići prinose dovoljne za izdržavanje brojne populacije. Rijeke krcate muljem osiguravaju vodu za navodnjavanje i, napose kad su umjetno kontrolirane, obogaćuju okolno tlo. No ratarstvo s navodnjavanjem i kontrola poplava zahtijevaju hidrauličke građevine, kako bi se voda dovodila gdje i kad je potrebna, i stanovitu razinu zajedničkog djelovanja nužnu za njihovu izgradnju i održavanje: treba isušiti močvare, izgraditi brane, nasipe, kanale, ustave, terase, spremnike, obzide, a sve to treba čistiti i održavati. Nadalje, prijepore oko vode mora riješiti neka središnja vlast, a viškove treba spriječiti, čuvati, braniti i dijeliti po potrebi. Tako je međudjelovanje geografskih odlika i tehnika hidrauličkog ratarstva ojačalo trendove k autoritarnoj državi.

Unatoč nekim posebnostima u slučaju američkih civilizacija – prije svega izostanku stoke, kotača i pluga – nezavisna pojava civilizacija na zapadnoj polutki i duboke paralele među prvobitnim civilizacijama u područjima gdje je bilo nužno upravljati vodom, podupiru hidrauličku hipotezu. Arheološki nalazi potvrđuju da je urbana revolucija uvijek iznova dovodila do civilizacija koje su ovisile o velikim građevinskim pothvatima u svrhu kontrole vode (navodnjavanje i/ili isušivanje), što je više puta preobrazilo čovjekovu egzistenciju od neolitičkih korijena.

Čini se, smatraju pristaše te hipoteze, da nije potrebno uvoditi nikakve dodatne pretpostavke o međusobnom utjecaju, napose ne prekomorskom; naprosto, slični materijalni, povijesni i kulturalni uvjeti su doveli do sličnih civilizacija: prvotne su civilizacije nastale u dolinama rijeka i naplavnim ravnicama, koje su bile okolišno ograničena ratarska područja izvan kojih intenzivno poljodjelstvo nije bilo moguće ili nije bilo praktično izvedivo.

U tim ograničenim prebivalištima, poput doline rijeke Nil, su rastuće neolitičke populacije u jednom trenutku došle do granica koje su im nametale pustinja, planine i more, što je dovelo do pritiska da se proizvodnja hrane intenzivira. Ratovanje je postalo kronično i premašilo je uobičajene provale. Ono je sada uključivalo osvajanje i podčinjavanje, jer u već popunjenom prebivalištu poražene skupine nisu mogle naprosto pobjeći i oblikovati novu ratarsku zajednicu na drugom mjestu. Prije tog vremena, i u paleolitiku i u neolitiku, poražene su se skupine općenito mogle preseliti u nova područja, ali u okolišno ograničenim područjima poput doline Nila ratari nisu imali kamo otići. Pobjednici nisu preuzimali samo zemlju i male sustave navodnjavanja, već su potčinjavali i ovladavali poraženim skupinama, poštedujući im život u zamjenu za robovski rad u održavanju sustava intenziviranog ratarstva. Kad je taj proces jedno započeo, povijesni je zamah prema centraliziranju postao ireverzibilan.

Neolitičke su zajednice tako postajale sve više raslojene, što je naposljetku, kako su regionalne sile podčinjavale lokalne, dovelo do dominantne elite koja je vladala nad nižom ratarskom klasom. Kad god su se zbili takvi okolišni i demografski uvjeti, nastala je civilizacija i država.

3.3. Prvobitne civilizacije

3.3.1. Mezopotamija

Gore opisani model dobro opisuje prvu poznatu civilizaciju, koja je nastala u naplavnoj dolini između Tigrisa i Eufrata u današnjem Iraku, tj. u Mezopotamiji, »zemlji između rijeka«. Obično se u područje te civilizacije uključuje i istočna Sirija, jugoistočna Turska i cijeli Irak.

Do 4000. pr. Kr. neolitička su sela popunila dolinu. Lokalne su vlasti isušile močvare u donjoj delti i kasnije izgradile široki sustav navodnjavanja u dolini uz rijeke. Prvo su naseljena sjeverna brdovita područja, koja primaju više kiše. Južna i središnja područja imaju sušu klimu i teže suho tlo. No zbog naplavnog mulja je to tlo veoma plodno i oko 4000. pr. Kr. su južna područja, zahvaljujući sustavu navodnjavanja i isušivanja, postala naprednija od sjevernih. To je postala civilizacija *Sumera*, a kasnije *Babilona*.

Nakon 3500. pr. Kr. pojavljuju se veliki gradovi opasani zidinama, poput Uruka, Ura i Sumera, koje je nastanjivalo od 50 000 do 200 000 stanovnika. Dinastička civilizacija Sumerana posve se razvila do 2500. pr. Kr. Za razliku od Egipta, a možda zbog promjenljivih i nepredvidljivih obrazaca poplava Tigrisa i Eufrata, Mezopotamijom nije dominiralo jedinstveno kraljevstvo, već se je niz gradova-država s na njima utemeljenim carstvima, uzdizao i padao kroz tisućljeća koja su uslijedila.

Civilizacija Mezopotamije pokazuje veliki kontinuitet kroz tisuće godina, premda su se različite skupine, iz različitih dijelova Mezopotamije, smjenjivale u kulturnoj, političkoj i vojnoj prevlasti. Kad su Babilonci iz središnje Mezopotamije postali dominantna sila, preuzeli su veliki dio sumerske kulture i prilagodili sumersko pismo svom jeziku. Kad je pak Asirija, kraljevstvo iz sjeverne Mezopotamije, preuzela kontrolu nad područjem, na sličan je način preuzela mnogo od babilonske kulture.

Sve su se te civilizacije temeljile na navodnjavalačkom ratarstvu. Glavni su kanali bili široki do 20 m i protezali su se kilometrima, sa stotinama spojnih kanala. Sve su mezopotamijske civilizacije razvile centralnu političku vlast i složenu birokraciju u svrhu prikupljanja, pohranjivanja i preraspodjele agrarnih viškova te pismo, matematiku i astronomiju.

3.3.2. Egipat

Sličan put do civilizacije nalazimo u drevnom Egiptu. Dolina Nila je uska traka zelenila, široka 20 – 50 km i duga stotinama kilometara, okružena pustinjom na istoku i zapadu, planinama na jugu i morem na sjeveru. Neolitička naselja su se namnožila duž Nila i već su se oko 5500. pr. Kr. pojavila prva kraljevstva. Dosad je prepoznato sedam preddinastičkih kraljevstava do otprilike 3400. – 3200. pr. Kr. Negdje u to doba je kralj Menes ujedinio dva kraljevstva, ono Donjeg Egipta i ono Gornjeg Egipta, i

tako postao prvi egipatski faraon prve dinastije. Prema tradiciji, Menes je organizirao hidrauličke radove, podigavši nasip na Nilu kraj Tebe.

Usljedio je eksplozivni rast egipatske civilizacije. Egipat je na temelju upravljanja godišnjim poplavama Nila razvio sve odlike visoke civilizacije, uključujući velike građevine poput piramida u Gizi. Od početka se je u odgovarajućoj mjeri razvijala i centralizirana vlast. Egipatsku je vojsku činilo 20 000 vojnika. Faraoni su postali zakoniti baštinici svega u Egiptu i apsolutno su kontrolirali svojih 2 500 000 podanika. Razvili su se birokracija, pismo, matematika, elementarna astronomija, obrtnička umijeća i sve druge odlike civilizacije.

3.3.3. Dolina rijeke Ind

Mnogo se manje zna o civilizaciji u dolini rijeke Ind. Do 7000. pr. Kr. duž Inda su se pojavila neolitička naselja. Civilizacija se tu možda razvila sama od sebe, ali je moguće da su neke njene glavne odlike pristigle s doseljenicima ili trgovcima iz Mezopotamije. Kako bilo da bilo, naplavna dolina rijeke Ind je pružila nužnu podlogu za civilizaciju Inda, a poljodjelstvo s navodnjavanjem potrebna sredstva.

Gradovi Mohenjo-daro i Harappa u današnjem Pakistanu su se razvili oko 2300. pr. Kr. Harapska civilizacija se je nakon toga proširila u unutrašnjost i duž obala Arapskoga mora. Narodi doline Inda su kultivirali suhe doline i izgradili nasipe za zaštitu gradova od nepredvidivih, muljem bogatih poplava. Na jaku središnju vlast ukazuje to da su harapski gradovi bili strogo planirane, zidinama opasane zajednice s ulicama i kvartovima, kulama i žitnicama, kanalizacijom i svim vanjskim znakovima civilizacije. Primjerice, u središtu Mohenjo-daroa je stajala zatvorena utvrda veličine 180x360 m, s humkom od opeke visokim 13 m. Unutar nje se nalazilo veliko kupalište s bazenom dugim 12 m, širokim 7 m i dubokim 3 m. Arheolozi su identificirali ostatke prostorija koje su mogle biti prebivališta svećenika i dvorane za skupove. Broj stanovnika grada se procjenjuje na 40 000.

Korišteni su bakar, bronca, zlato, srebro, kositar i druge kovine. Lončari su proizvodili posude s glazurom. Razvijeno je pismo i viša učenost. Neki dokazi upućuju na to da je već u ranom periodu postojao autoritarni režim s jakom svećeničko-činovničko-vojničkom klasom. No nakon 1750. pr. Kr. izvorna urbana kultura Inda opada, vjerojatno zbog klimatskih i ekoloških razloga, uključujući promjenu toka rijeke Ind.

3.3.4. Kina

U Kini se sličan razvoj opaža duž rijeke Hwang-Ho (Žuta rijeka). Do 2500. pr. Kr. se tisuće kasnoneolitičkih sela proširilo duž rijeke, a kad je uvedeno poljodjelstvo s navodnjavanjem nastala su kraljevstva. Yü Veliki, navodni utemeljitelj polumitske prve dinastije (*Hsia*) je legendaran u Kini kao vladar koji je »kontrolirao vode«. Dinastija Shang (Yin) (1520. pr. Kr. – 1030. pr. Kr.), koja označava dokumentirane početke kineske civilizacije, je

zagospodarila dolinom Žute rijeke zahvaljujući širokom sustavu navodnjavanja. Kasnije su tehnike navodnjavanja prenesene južnije, do rijeke Yangtze. Uzgoj riže se iz južne Kine proširio prema sjeveru i također je uključivao kontrolu vode. Tijekom cijele kineske povijesti je jedna od uloga vlasti bila graditi i održavati sustav navodnjavanja. Rezultat toga su mnogi kanali, nasipi, brane i umjetna jezera širom Kine. Svjesna vladina politika zaštite voda i unaprjeđenja poljodjelstva je uključivala i isušivanje, što je sve zahtijevalo uključivanje velikog broja seljaka u prisilan rad, tlaku.

Rana kineska civilizacija je gradila gradove sa zaštitnim zidinama, palačama i ceremonijalnim središtima. Društvo u njima je postalo jako raslojeno. Kina je prvi put ujedinjena 221. pr. Kr. i sva je vlast koncentrirana u caru, kojeg je administrativno pomagala razrađena i dojmjljiva birokracija povezana s dvorom. Rana kineska država je gradila žitnice i održavala stajaću vojsku. Razvijena je istančana brončana metalurgija.

3.4. Pismo, račun i mjerenje vremena

3.4.1. Pismo

Oko 4000. pr. Kr. se opaža prva uporaba pečata u Mezopotamiji. Bili su načinjeni od pečene gline ili kamena, u koje je bio ugraviran geometrijski uzorak, čini se kao oznaka vlasnika. To je temelj razvoja pisma.

Oko 3500. pr. Kr. se u Mezopotamiji opaža pisanje na pločicama od svježe gline, koje su potom sušene i pohranjivane (urezivanje znakova u materijal). Prvo se javlja slikovno pismo, u kojem napisani znak zastupa sam predmet (*ideogrami* ili *piktogrami*).

U Egiptu je za pisanje rabljen materijal nalik papiru, dobiven od stabljike papirusa. Stabljike su rezane na trake koje su ukrštane i tučene drvenim batom da bi se dobio tanki materijal koji se mogao namatati. Na njima se pisalo pomoću tinte.

Oko 3000. pr. Kr. pojavio se sustav *logograma*, znakova za riječi, u okviru kojeg su uobličeni znakovi za važne riječi, poput egipatskih hijeroglifa. U hijeroglifnom pisanju znakovi također mogu prikazivati zvukove ili slogove, što je pak začetak slogovnog pisma. Posve slogovni sustav razvio se oko 1500. pr. Kr., što je omogućilo da se zapiše sve što se može izreći. Konačno, oko 800. pr. Kr. se u Grčkoj razvilo slovno pismo u kojem postoji znak za svaki zvuk, suglasnik i samoglasnik, uklapanjem samoglasnika u semitski alfabet koji su razvili Feničani, oko 1100. pr. Kr., a koji su Grci usvojili i usavršili. Ono se proširilo u grčkoj kulturi tijekom 6. i 5. st. pr. Kr.

3.4.2. Račun

U svim prvotnim civilizacijama nalazimo neka matematička i astronomska znanja i umijeća. Sve su rane civilizacije razvile neovisno takva znanja, svaka razvija svoj računski sustav i kalendar. Ona su u pravilu rezultat djelatnosti koje su se odvijale na dvoru i za potrebe dvora, radi se o znanjima potrebnim za održavanje sustava države, a razvila su se iz praktičnih društvenih potreba – planiranje poljodjelskih aktivnosti i vjerskih svetkovina, prikupljanje poreza i dijeljenje plaća, vođenje evidencije prihoda i rashoda, planiranje i gradnja sustava navodnjavanja i građevina, opremanje vojske itd. Ta znanja su se razvila na dvoru i za potrebe dvora, tj. društva i države, što određuje njihovu narav i opseg. Pokretač te djelatnosti nije zanimanje za samu stvar već potrebe države i društva. Ustroj tih znanja odražava osnovnu funkciju kojoj su služila – funkcioniranje državne uprave. Razvijene su vještine potrebne za prikupljanje i raspodjelu poreza, javne radove, opskrbu vojske, vjerske svrhe, a te su potrebe odredile područje i opseg znanja.

Kao primjer možemo razmotriti egipatsku matematiku. Izvor našega znanja su četiri papirusa (Rhindov papirus, Moskovski matematični papirus, Kahunski papirus, Reisnerov papirus), dvije drvene pločice i jedan kožni svitak (egipatski matematični kožni svitak). U uvodu u Rhindov papirus (oko 1800. pr. Kr., pripremio ga je Ahmes na temelju starijega spisa) kaže se da on poučava o »potpunom poznavanju svih stvari, daje uvid u sve što postoji i otkriva sve tajne«. Prisutne su aritmetika i geometrija, razvijene do razine koja je potrebna za administrativne »dvorske« poslove. Raspodjeljivanje hrane, pića, slame, kamenja za gradnju, radnika. Prikazano poznavanje računa dosegnuto je oko 2700. pr. Kr. u Starom kraljevstvu i nije se otad mijenjalo sve do vremena pojave grčke civilizacije. Egipatska se matematika nije razvijala niti mijenjala gotovo 2000 godina.

Narav matematičkih znanja:

i) Matematički simboli – brojke – su vezani uz praksu mjerenja. Brojka je naprosto oznaka za količinu stvari ili dio neke stvari.

Najčudniji aspekt egipatske matematike je računanje s razlomcima. Razlomci su svakako potrebni za praktične svrhe koje egipatski matematičar ima pred očima: dijeljenje plaća ili računanje površina. No Egipćani ne poznaju općenite razlomke, već, uz neke iznimke poput $\frac{2}{3}$, jedino »jedinične« razlomke, razlomke kojima je brojnik 1. To bitno otežava računanje. Primjerice, razmotrimo problem 6. Rhindova papirusa: razdijeli jednoliko 9 hljebova na 10 radnika. Naše bi rješenje bilo: svaki radnik dobije $\frac{9}{10}$ hljeba. Ali takav broj ne postoji u egipatskom sustavu. Egipatski je odgovor da svaki radnik treba dobiti $\frac{2}{3}$ hljeba + $\frac{1}{5}$ hljeba + $\frac{1}{30}$ hljeba.

Uzimajući u obzir goleme komplikacije koje nastaju prilikom množenja i zbrajanja takvih razlomaka možemo se upitati zašto Egipćani nisu izumili lakši način baratanja razlomcima? To istodobno otvara duboka pitanja o naravi egipatske matematike. Nije dobro pitanje pitati se zašto se Egipćani nisu bavili razlomcima na naš način. Oni su rekli što su htjeli reći pomoću svog matematičnog jezika i ako želimo razumjeti taj jezik moramo se osloboditi naših pojmova broja i razlomka i pokušati ih razumjeti na način Egipćana.

Za nas je razlomak otprilike simbol oblika a/b gdje su a i b bilo koja dva broja. Tu se ne spominju dijelovi, jedinice, cijeli brojevi ili dijeljenje. Naša aksiomatizacija ima korijene u razvoju grčke matematike. Grčka se tradicija bitno razlikuje od egipatske tradicije praktičnih mjerenja količina, površina i volumena. Egipćani označavaju svoje razlomke stavljajući hijeroglif »otvorena usta« ili »r« iznad broja. No treba imati na umu da u egipatskoj matematici ne postoji pojam cijelog broja, recipročnog broja ili matematičkog simbola. To je simbol za zvuk »er« koji se javlja u mnogim riječima, a najuobičajenija je »er«, prijedlog značenja »u«. Stoga taj simbol napisan iznad broja 12 ne znači »recipročni broj cijelog broja 12«, već »u 12«, tj. »u 12 dijelova«. Pojam razlomka za njih je prikaz stanovitog mjerljivog dijela neke stvari.

Korištenje jediničnih razlomaka povezano je s povijesnim razvojem matematičkog sustava kojeg je svrha da služi dijeljenju i raspodjeljivanju, skupljanju i raspodjeli, a ne potrebama matematike kao apstraktne discipline. Nema pojma broja odijeljenog od prebrojanih stvari, egipatski je razlomak znak nečeg neposrednog i opipljivog i ne postoji neovisno od stvarnog svijeta. Egipatski pojam razlomka kao dijela stvari prije nego recipročnog broja povezan je s njegovim podrijetlom u mjerenju, kojeg se nikada nije oslobodio. Ostaje upitno kako se takav pojam razvio. Možda je on povezan s problemima praktičnog raspodjeljivanja nečega između ljudi. Neki smatraju da je to izvedenica iz skupa utega rabljenih uz »apotekarsku« vagu. Primjerice, nađeni su u Egiptu utezi koji odgovaraju $1/2$, $1/3$, $1/4$, $1/5$ i $1/6$ standarda, a treba imati na umu duboku vezu između sustava egipatske matematike i fizičkog mjerenja. Naprosto nisu imali praktičnog razloga da zamijene takav sustav. Egipatska je civilizacija poznata po postojanosti i nepromjenljivosti. Računanci su naučili baratati s njima i rješavati sve postavljene probleme.

ii) Računski postupci se, poput obrtničkih umijeća, doživljavaju i prikazuju kao naputci za dobivanje željenoga rezultata; kao recepti u kuharici, to je slika koja nam ih dobro predočava. Egipatski matematičar koristi brojke kao ratar motiku, kao alat ili sredstvo, one ga ne zanimaju same po sebi. Njegova zadaća nije razvijati matematiku, već računati. Kao državni činovnik on je prije računovođa nego matematičar u suvremenom smislu. Imamo posla sa »zanatskom« matematikom, ograničenom na mali broj »zanatlija«. Školovani za umijeće računanja u Egiptu trebaju zapamtiti nekoliko jednostavnih pravila i koriste zbirke tablica. To se bitno razlikuje od naše predodžbe matematičara, poput razlike između javnog pisara pisama i pisca. Ne izučava se predmet radi njega samoga, već zbog iznalaženja radnih pravila koja omogućuju rješavanje praktičnih problema svakodnevnoga života.

iii) Svaki postupak je recept za sebe, nepovezan s drugim sličnim znanjima. Prikupljene iskustvene spoznaje nisu obrađivane zajedno, kao podatci iz kojih bi se mogli izvesti neki opći zaključci, već su pohranjivane zasebno, kao činjenice koje imaju malo veze sa sličnim činjenicama.

iv) Papirusi ne daju opće upute, pravila, već primjere, »egzemplare«, po uzoru na koje treba postupiti u danom problemu. Postupci se prenose u obliku primjera, a ne kao općeniti apstraktni izrazi, nema poboljšavanja niti pojednostavljivanja. Dok je pronađena metoda zadovoljavala te potrebe ostajala je u uporabi i nije se tragalo za poboljšanjem ili pojednostavljenjem

(istraživanje zbog samoga predmeta). Nepostojanje općih načela – praktična matematika koje je osnovni cilj znati nešto izračunati, ne postoje aksiomi i dokazi niti opće formule. Iskustvena, pragmatična znanost, sličnija obrtu, umijeću, vještini. Nema dokaza niti teorije. Daju se upute i ne znamo kako su došli do prenesenih naputaka.

v) nema dokazivanja niti opravdavanja, stečena su mukotrpnim mnogobrojnim iskušavanjima. Znaju kako nešto postići, ali ne znaju zašto se to tako događa, nemaju obrazloženje, teorijsko znanje.

Primjer iz Rhindova papirusa: »Polje oko ket 9 (tj. polje promjera 9). Kolika je njegova površina?«.

Postupak:

- 1) oduzmi jednu devetinu, tj. 1.
- 2) ostatak je 8
- 3) izvedi zatim množenje $8 \cdot 8$
- 4) dobiveni broj je tražena površina

Prevedimo to u opći izraz:

$$P = \left(d - \frac{d}{9}\right)^2 = d^2 \left(1 - \frac{1}{9}\right)^2 = 0,79d^2$$

Suvremeni račun:

$$P = r^2 \pi = d^2 \frac{\pi}{4} = 0,785d^2$$

3.4.3. Mjerenje vremena

Gospodarstvo egipatske države počiva na poljodjelstvu. Ono je ovisno o godišnjim dobima i biološkim ciklusima, kojima pak upravljaju astronomske periodičke pojave, poput dana, mjeseca i godine. Stoga glavni uvjeti života ovise o toj periodičnosti. Otud slijedi i zanimanje za tu periodičnost, tj. za astronomske pojave, koje ima nekoliko vidova. Astronomija se također rađa iz potrebe.

Narod kojeg gospodarstvo počiva na poljodjelstvu mora voditi računa o godišnjem dobu. Radovi u zemljoradnji se moraju unaprijed planirati, potrebno je nešto nalik kalendaru, što unaprijed upozorava na promjene tijekom godine. Astronomija se sastoji u motrenju, bilježenju i uspoređivanju. Oblikovanje kalendara zahtijeva više no što može obaviti poljodjelac, traži bilješke, tj. poznavanje pisma. To je zadaća koju moraju obaviti obrazovani ljudi koji ne troše vrijeme na zemljoradnju, a to su opet svećenici-činovnici. Drugi vid opet povezuje gospodarstvo, svjetonazor, svećenike i astronomiju. Priroda nije »dovršena« i neovisna o volji božanstava. Periodičnost se povezuje s božanstvima, koje je moguće udobrovoljiti žrtvom, općenito ritualom. Uz događaje u zemljoradnji redovito

su vezane svetkovine. Ti su rituali nužno vezani uz nebeske događaje, što iziskuje motrenje nebeskih pojava. Vjera zahtijeva da se svetkovine svetkuju u ustaljeno vrijeme. Moraju se također unaprijed odrediti (vezane uz točno određene dane) i unaprijed najaviti. Zanimanje za astronomiju je kalendarsko, obredno i astrološko. Svećenici su inače bili zaduženi da prate nebo i uočavaju trenutak nekog položaja nebeskih tijela, kada treba započeti obred, »liturgijska« astronomija, ne zahtijeva se velika točnost.

Glavni godišnji događaj bio je početak poplave Nila. Obično sredinom srpnja, ali uz velika odstupanja. Obećava obnavljanje života, nakon što je zemlja nakon ljeta postala jalova. Utvrdili su da razdoblje između dviju poplava traje prosječno 365 dana. To je bila »nilska godina«, koja nije imala nikakve veze s astronomskom. Oko 2400. pr. Kr. uvode kalendarsku godinu od 365 dana, ali bez popravaka za usklađivanje s astronomskom. Nakon nekog vremena taj je naziv stoga posve izgubio smisao.

Zamijetili su da u prosjeku početku poplave neposredno prethodi pojavljivanje Siriusa na nebu neposredno pred zoru. Svećenici su bili zaduženi da uoče taj događaj na nebu i objave početak priprava za poplavu.

Poznavali su približno trajanje lunarnog mjeseca, trajanje kojeg su prilagodili godini (mjesec im je trajao 30 dana). Stvarno je trajanje 29,53 dana. Službeni kalendar: 12 mjeseci po 30 dana + 5 dana na kraju godine.

To je pametniji kalendar od lunarnih i lunarno-solarnih babilonskih kalendara i kaotičnih kalendara grčkih gradova-država, koji svi nastoje održati mjesece u skladu s opažanim fazama Mjeseca. No taj interval ne odgovara cijelom broju dana (29,53). Ozbiljniji problemi nastaju stoga što se godina ne može podijeliti na cijeli broj potpunih lunarnih mjeseci.

Najstarije pokušaje mjerenja vremena vežemo uz Egipćane, koji su pravili zvjezdane satne karte po kojima se moglo odrediti doba noći prema zvijezdama koje su se pojavile na nebu.

Za određivanje vremena po danu kasnije su razvili primitivne sunčane ure – sjena horizontalnog štapa postavljenog na dva vertikalna je postupno prelazila niz oznaka, od izlaska do zalaza Sunca. U grobnici faraona Setija I., koji je vladao oko 1300. pr. Kr. su pronađene upute za izradu takvih ura.

Oko 1500. pr. Kr. je egipatski dvorski činovnik Amenemhet izumio vodeni sat ili »klepsidru«, sudeći po natpisu na njegovu grobu. Iz posude je kroz rupu istjecala voda, a vrijeme se mjerilo spuštanjem površine vode kraj satnih oznaka (noć je uvijek bila podijeljena na 12 »sati«, bez obzira na godišnje doba, pa su za svaki dio godine postojale posebne oznake). Najstariji očuvani vodeni sat (u fragmentima) potječe s početka 14. st. pr. Kr.

3.5. Poljodjelstvo

3.5.1. Navodnjavanje

Prvi su sustavi navodnjavanja vjerojatno bili iskopani u četvrtom tisućljeću pr. Kr., a načinili su ih zemljoradnici na jugu današnje Rusije. Kanali su bili dugi do 2,5 km, duboki oko 1,2 m i široki do 3 m.

U Mezopotamiji su intenzivno poljodjelstvo omogućili kanali prokopani od korita rijeka, koji su dovodili vodu u područja udaljena od rijeka. U početku, dok je pritisak na zemlju bio manji, branom na rijeci bi se navodnila okolna polja. Kasnije, kada je postao značajan uzgoj voća i povrća, postalo je nužno navodnjavanje tijekom čitave godine. Dijelovi prvog poznatog kanala u Mezopotamiji vide se i danas, a izvire iz Tigrisa. Dao ga je iskopati namjesnik sumerskog grada Lagaša još prije 2500. pr. Kr., što nam je poznato iz po očuvanom zapisu o njegovu projektu. Bio je dug 150 km, kao prvi u golemoj mreži kanala koji su preko četiri tisućljeća nastavili služiti kao okosnica trgovine i navodnjavanja. Godine 690. pr. Kr. je asirski kralj Sanherib na rijeci Atrush sazio kamenu branu, a zajaženu je vodu do njegove prijestolnice (Niniva) dopremao kanal dug 58 km, koji je rijeku Jerwan prešao akvaduktom dugim 350 m, a širokim 20 m, na pet lukova. Na Bliskom Istoku je bilo uobičajeno dovesti vodu iz izvora tunelima u grad, za slučaj opsade.

Eufkrat i Tigris su omogućili poljodjelstvo, ali ih je valjalo kontrolirati. Trebalo je izgraditi nasipe koji rijeke zadržavaju u koritima i priječe poplave, trebalo je graditi brane i jarke koji odvođe vodu pri poplavi u bazene, duge kanale za navodnjavanje u suho doba godine. Sve je to trebalo stalno popravljati i čistiti. Gotovo ništa od toga nije danas vidljivo. Ostatci pokazuju da su nasipi oko Eufrata bili široki oko 30 m i dugi stotine kilometara, s jarcima koji su višak vode odvodili u rezervoare u pustinji. No ne znamo gotovo ništa o načinima gradnje tih velikih sustava.

U Egiptu je do 2800. pr. Kr. uspostavljeno »ministarstvo navodnjavanja«, koje je možda nadgledalo i gradnju prve brane na svijetu. To je »Kaurska brana«, u blizini Kaira, a sagrađena je oko 2500. pr. Kr. Ostaci su očuvani do danas, a bila je duga 105 m te se je dizala 11 m od baze. Tvore je dva zida od uvoznog kamena, a svaki je na dnu širok 24 m. Između njih je šupljina široka 36 m, ispunjena riječnim šljunkom.

I u Egiptu i u Mezopotamiji bila je u uporabi jednostavna naprava za podizanje vode, zvana *šaduf* – duga motka na osovini koja se može vrtjeti na stalku, s kamenim utegom na jednom (kraćem) kraju i posudom za vodu obješenom na konopac na drugom. Ta je jednostavna naprava povećala učinkovitost navodnjavanja i u raznim oblicima ostala u uporabi stoljećima, a pojavila se oko 3000. pr. Kr.

3.5.2. Plug, vol i jaram

Oranje bitno povećava produktivnost tla. Plug je oruđe za početnu pripremu tla za sijanje i sadnju, a glavna mu je zadaća okretanje gornjeg sloja zemlje u unutrašnjost i dovođenje unutarnjeg sloja na površinu, čime se omogućuje da svježja hranjiva dođu na površinu, postiže se bolja prozračnost i rahlost tla.

Najraniji je plug bio rašljast štap (rašljasti kraj je imao ulogu drške) zašiljenog donjeg kraja (koji je služio kao lemeš) kojeg je konopcem isprva vukao čovjek. Kasnije su se za vuču počele rabiti životinje, najčešće vol. Životinje su isprva bile vezane konopcem za rogove.

Rani dokazi o postojanju rala, najjednostavnijih plugova, potječu iz zapisa slikovnim pismom u Uruku u Mezopotamiji (današnji Irak) napravljenih prije 3000. pr. Kr. Ralo je drveno oruđe s dvostrano oštrim lemešom, bez ornica i postrane daske, koje ore i odgrće zemlju na obje strane. Ralo je najstarija i najjednostavnija orača sprava koja pri radu ruje i donekle razbacuje zemlju. Sastoji se od dugačke drvene grede gredelja, koja je nosač glavnih dijelova i na koju se s jednog kraja, obično preko jarma, privezuje tegleća stoka, a na drugom kraju je ručica za upravljanje. Na ručicu se nastavlja plaz kojim se oruđe oslanja (plazi) na tvrdi dio tla. Kada su ručica za upravljanje i plaz od istog komada drva kažemo da ralo ima ralicu. Na vrhu plaza ili ralice je metalni dodatak lemeš, koji reže zemlju vodoravno s površinom tla, a za rala je svojstveno da je lemeš simetričan.

Kasnije je uže zamijenjeno motkom učvršćenom za jaram i taj je oblik uprezanja korišten stoljećima. Uporaba jarma je omogućila djelotvorno korištenje para životinja za oranje ili prijevoz kolima s kotačima. No ralo ne prevrće zemlju, već ju samo odgrće na obje strane, ono ore samo tamo gdje prođe greben pa između redova dosta zemlje ostane netaknuto. Zato se je oralo više puta u više smjerova.

Hranjive tvari u tlu su se mogle reciklirati i plijevljenje je postalo djelotvornije jer su nasadi bili uređeni u redove. U Mezopotamiji je između 3000. i 2000. pr. Kr. plug dodatno poboljššan.

Oko 1000. pr. Kr. pojavljuje se rotacioni ručni žrvanj, koji je ubrzao svakidašnji posao mljevenja zrnja.

3.5.3. Fermentirana píća

Naširoko su uzgajani ječam i datulje, koji su korišteni za proizvodnju fermentiranih pića. Proizvodnja piva, koja zahtijeva klijanje i fermentiranje ječma, je prikazana na egipatskim grobnim slikama i mezopotamijskim pečatima iz vremena oko 2500. pr. Kr. Pečenje kruha je bilo uobičajeno u Egiptu i pretpostavlja se da je isti postupak korišten za varenje piva. Ječam bi se navlažio i bio bi ostavljen da proklija. U slad pretvoren ječam bi se oblikovao u štruce i pekao. Pečene štruce bi se razmrville i bile bi ostavljene da fermentiraju u vodi nekoliko dana. Tako dobiveno fermentirano pivo bi se procijedilo i spremilo u boce. Varenje piva od kruha je postalo važna

aktivnost u Mezopotamiji, gdje je detaljno regulirano Hamurabijevim zakonom. Budući da su datulje bogate šećerom, lako fermentiraju u vrućoj klimi tih područja.

U trećem tisućljeću pr. Kr. je u Sumeru i Egiptu uzgajano grožđe, premda je konzumacija vina vjerojatno bila ograničena na kraljevske kuće i bogate slojeve društva. Vinarsko umijeće su usavršili tek Grci. Nalazi upućuju da se je na Bliskom istoku divlje grožđe jelo još oko 8000. pr. Kr. U Gruziji su pronađene sjemenke pitome loze, zajedno s posudama koje su mogle služiti za čuvanje vina, a potječu iz oko 5000. pr. Kr. Svakako je oko 3000. pr. Kr. u Gruziji vinarstvo bilo razvijeno, jer se u grobnicama nalaze sadnice loze.

3.6. Kovinarstvo i rudarstvo

Obrada kovina uključuje složeni skup tehnika, koji uključuje vađenje rude, taljenje rude te kovanje ili lijevanje u korisne izrađevine. Kovine imaju više prednosti pred kamenom kao materijal za izradu oruđa i oružja i tijekom vremena su zamijenile kamen. Nastanak civilizacija je bio popraćen razvojem niza pomoćnih tehnika, uključujući, barem u Starom svijetu, proizvodnju i obradu *bronce* (slitina bakra i kositra). Ovladavanje broncom je dalo ime novom dobu – *Brončanom dobu*.

U Novome svijetu brončano oružje i oruđe nije zamijenilo štap za kopanje i kamene čekiće i noževе, ali je razvijena metalurgija zlata i srebra u svrhu ukrašavanja. Čini se da su korištene tehnike koje odgovaraju kemijskom galvaniziranju zlata (pozlaćivanje).

Zbog novih je tehnika u ranim civilizacijama postala važna kontrola nad mineralnim izvorima. Za egipatske faraone su se važnima pokazali rudnici bakra na Sinaju. Na čitavom Bliskom istoku je kositar potreban za broncu prenošen preko velikih udaljenosti. U Srednjoj Americi se razvila trgovina opsidijanom (vulkanskim staklom) rabljenim za izradu noževa.

3.6.1. Bronca

Oko 3000. pr. Kr., vjerojatno u području u blizini Sirije i istočne Turske, je otkriven novi materijal. Majstori koji su radili s bakrom su otkrili da dodavanje male količine drugog materijala kojeg se moglo naći u okolini – *kasiterita* (»kositrov kamen«, tj. kositrov oksid, SnO_2 , primarna ruda kositra) – daje slitinu korisniju od samog bakra. To je otkriće navijestilo *Brončano doba* i dovelo do golemog poboljšanja kvalitete oružja i oruđa. Bronca je puno tvrđa od bakra i ima niže talište, što lijevanje čini lakšim. Oružje, oruđe, posuđe i drugi artefakti su postali češći. Premda u Mezopotamiji nema bakra i kositra, oni su stizali trgovanjem i postoje mnogi dokazi o njihovoj uporabi.

Bronca je u Mezopotamiji naširoko korištena, dok je u Egiptu situacija bila drukčija. U Egiptu su postojali veliki rudnici bakra, ali nije bilo kositra, pa je prošlo tisuću godina dok bronca nije postala uobičajena u Egiptu.

Postupci obrade bronce su doživjeli velika poboljšanja. Oko 2000. pr. Kr. su uvedeni mjevovi, što je jako povećalo produktivnost obrade kovina. Kovina, koja je dotad bila korištena samo za oružje i neke alate, sada je postala uobičajena i u tom razdoblju nalazimo mnogo više brončanih izrađevina, koji pokazuju mnogo veću raznolikost u načinima lijevanja. Poboljšane su tehnike lijevanja i metalurgija i do 1500. pr. Kr. je obrada bronce postala vrlo istančana. Tijekom drugog tisućljeća je bronca naširoko korištena. Obrtnici su otkrili načine lijevanja vrlo velikih predmeta – model predmeta bi bio izrađen od voska i prekriven glinom. Glina je tada pečena da bi se uklonio vosak, a rastaljena kovina bi se ulila u šupljinu.

3.6.2. Kovano željezo

Dok je u Mezopotamiji, Egiptu i drugim mjestima prevladavala obrada bronce, Hetiti iz istočne Turske su otkrili uporabu druge kovine koja se pokazala jednako značajnom kao bakar i kositar. Čini se da su indoeuropski osvajači koji su naselili Europu, Bliski istok i Indiju poznavali tajnu proizvodnje željeza iz rude, kao i vještinu izrade željeznog oružja. Oni su oko 1600. pr. Kr. na Bliskom istoku osnovali Hetitsko carstvo, a nedugo potom i vedsku civilizaciju u Indiji. Drugi val indoeuropskih osvajača (Dorani) se pojavio u Grčkoj sa željeznim oruđem oko 1200. pr. Kr. Za razliku od ostalih tada poznatih kovina, željezo se u tada raspoloživim pećima nije moglo taliti (talište 1538°C), ali je bilo korišteno u nekim oblicima.

Prvo željezo koje su ljudi rabili već tijekom pretpovijesti je bilo meteoritskog podrijetla (opaža se visok udio nikla). Premda dobivanje željeza iz rude seže i do 2500. pr. Kr., tako dobiveno željezo gotovo da nije korišteno sve dok nije uočeno da postaje tvrđe nakon višekratnog zagrijavanja u vatri drvenog ugljena i kovanja. Izrađevine od željeza se u Indiji pojavljuju u razdoblju od 1800. pr. Kr. do 1200. pr. Kr., a u sredozemnom području oko 1500. pr. Kr., kada se je počeo osjećati manjak bakra i kositra za bronzu. Željezo je korišteno za izradu oružja tijekom drugog tisućljeća pr. Kr., napose nakon otprilike 1500. pr. Kr. No tek se oko 1000. pr. Kr. u Egiptu i Mezopotamiji željezo počelo značajnije rabiti za oruđa.

Obrada željeza iziskuje posve drukčije postupke nego obrada bakra ili bronce. Uporaba mjevova je omogućila postizanje viših temperatura u pećima, ali se taljenje kovine iz rude izvodilo putem plinova nastalih izgaranjem drvenog ugljena. Stoga je uvjete u peći trebalo kontrolirati bolje nego u slučaju bakra. Počevši od oko 1300. pr. Kr. su posebne peći omogućile dobivanje gotovo čistoga željeza u velikim grumenima.

U pećima posebne vrste željezo je dobivano iz njegovih oksida. Proizvod tih peći je bila porozna mješavina željeza i šljake, *spužvasto željezo*, iz kojeg je kovanjem trebalo izbaciti šljaku. Te su peći imale oblik dimnjaka izrađenog od gline ili kamena, s otvorima za upuhavanje zraka pri dnu. Željezna ruda je pripremana mrvljenjem i pečenjem, da bi se uklonila vlaga, a veće su nečistoće ručno uklanjane. U izgaranjem ugljena prethodno

zagrijanu peć je s vrha ubacivana željezna ruda i ugljen, u jednakoj količini. U peći je ugljični monoksid, nastao nepotpunim izgaranjem ugljena, reducirao željezne okside iz rude u metalno željezo bez taljenja rude, što je omogućivalo da peći rade na temperaturi nižoj od temperature tališta. Budući da je željeni proizvod peći gotovo čisto željezo, koje se može lako kovati, tj. s niskim udjelom ugljika, trebalo je pažljivo kontrolirati temperaturu i omjer rude i ugljena, kako željezo ne bi apsorbiralo previše ugljika i postalo nekovljivo. Na taj su način nastajale male čestice željeza, koje su padale na dno peći i povezivale se u spužvastu strukturu, čije je šupljine popunjavala šljaka. Stoga se ta smjesa morala naknadno zagrijavati i udarati čekićem, kako bi se šljaka uklonila iz nje. Tako dobiveno željezo je bilo gotovo čisto i nazivano je *kovanim željezom*. U ranim je pećima obično dobivano oko 1 kg željeza po paljenju.

Osim toga, željezo je mnogo manje kovno od bakra i stoga ga treba kovati dok je još usijano. To je značilo da je u svrhu iole značajne obrade željeza trebalo razviti niz novina, poput kliješta za držanje vrelog željeza te nakovnja i teškog čekića.

Lijevano željezo je prvi put proizvedeno u Kini oko 550. pr. Kr., dok je u Europi postupak njegove proizvodnje usvojen tek u srednjem vijeku.

3.6.3. Rudarenje

Egipatski su faraoni još 2600. pr. Kr. počeli slati svoje rudarske ekipe izvan Egipta, na Sinajski poluotok, zbog njegovih bogatih nalazišta tirkiza, a tu su kopali i bakar. Već dvjesta godina prije dolaska Egipćana su lokalni stanovnici kroz pješčenjak probili velika okna, promjera i do 6 m, te povezana sa sustavom podzemnih galerija. To je najstariji dosad pronađen sustav s oknima i galerijama za kopanje bakra.

Egipćani su zlato vadili iz rudnika u Nubiji, na jugu, u velikim količinama. Moguće je da su za osvjetljavanje rudnika koristili velika brončana zrcala.

3.7. Graditeljstvo

3.7.1. Pečene opeke

Vjerojatno je iskustvo s keramičkim pećima i talionicama bakra dovelo do ideje pečenih opeka. U Mezopotamiji su oko 3500. pr. Kr. pečene opeke omogućile silan razvoj urbanizacije. Pri izgradnji hramova u mezopotamijskim gradovima korištena je kombinacija pečenih opeka, kamena i opeka sušenih na suncu, što pokazuje da su pečene opeke tada još uvijek bile novost. No ta je tehnička novina dovela do kvalitativne promjene u građevinarstvu, premda još nekoliko stoljeća nije stigla do običnih ljudi.

Razlike u stilovima gradnje u Egiptu i Mezopotamiji su posljedica raspoloživosti različitih materijala. U Mezopotamiji su za izgradnju spomenika korištene pečene opeke ili opeke sušene na suncu, dok su oplata pročelja i nadvratnici izrađivani od kamena, koji se uvezio. Egipćani su pak imali dostupne kamenolome i stoga su njihovi spomenici izrađeni od kamena, a korištene su i opeke sušene na suncu.

3.7.2. Monumentalna arhitektura

Monumentalne građevine su odlika svih prvobitnih civilizacija. U Egiptu su građene piramide, u Mezopotamiji, primjerice, veliki hramovi i piramide od opeka, poznate kao *zigurati*. Tako je Nabukodonosorov toranj, izgrađen oko 600. pr. Kr., bio viši od 90 m. Kamen je bio rijedak, gradilo se uglavnom od opeka sušenih na suncu, koje ne mogu podnijeti veliku težinu (nije bilo ni dovoljno drva za pečenje opeka). Zato te građevine imaju karakterističan stepeničasti oblik – kad je dosegnuta razina sigurnosti jednoga zida počeo se graditi sljedeći, iza i iznad prvoga na zemljanom temelju. Za povezivanje opeka je uobičajeno korišten asfalt ili bitumen. No gradove Mezopotamije prekrivio je pijesak. Nisu ostale očuvane velike građevine. Moramo se osloniti na zapise drevnih historičara i arheološke nalaze. Je li postojao tunel ispod Eufrata? Arheološka istraživanja pokazuju da je Babilon bio veličine otprilike 3,5 x 5,5 km, stoga mu zidine sigurno nisu bile duge 100 km i visoke 60 m, kako kaže Plinije Stariji. Također se možemo osloniti na očuvane zapise na glinenim pločicama.

U Kini je izgrađen Veliki zid, najveći građevinski pothvat u povijesti. Gradnja prvih 2000 km zida, na granici stepe i obradivog tla, počela je u 4. st. pr. Kr. i bila je dovršena 221. – 207. pr. Kr., što se poklapa s prvim ujedinjenjem Kine. Kasnije je zid protegnut na oko 5500 km. Visina mu uglavnom ne prelazi 15 m. Veliki kanal u Kini, originalno izgrađen od 581. do 618. i dug 2000 km, također je primjer monumentalnog građevinarstva. Na njemu je radilo oko 5 500 000 radnika, od kojih je oko 2 000 000 preminulo tijekom gradnje.

Za Egipat je karakteristično neiscrpan izvor radne snage (uglavnom robovi, ali i domaće stanovništvo u periodima između poljodjelskih radova) pod apsolutnom vlašću vladara i uz veliku količinu kamena. Korištene su kosine i valjci. Nije korišten vijak niti kolotura. Nema složenih naprava poput dizalica. Kako su podizali teške kamene blokove pri gradnji piramida? Jedna od najstarijih teorija se oslanja na pješćani nasip, koji je kasnije trebalo otkopati. Proračuni za Keopsovu piramidu upućuju na nasip širine u bazi oko 800 m (baza piramide je oko 250 m). Kamenje se podizalo, što je bilo u uporabi, saonicama postupno podizanim pomoću poluga (njihalica). Druga teorija, bolje potkrijepljena dokazima, govori o nagnutoj cesti, ravnoj ili zavijenoj oko građevine. Najslavniji graditeljski promašaj je piramida faraona Snofrua, podignuta oko 2600. pr. Kr. Čini se da su graditelji na pola posla shvatili da im je piramida malo prestrma, pa su naglo smanjili kut uspona. Tako je nastala čudna građevina osmerostrane strukture.

3.7.3. Ceste

Ceste su građene prvenstveno u svrhe uprave i vojske te trgovine, u svim bliskoistočnim civilizacijama. Čini se da rekord najduže pojedinačne ceste pripada Perziji, jer je njezina »Kraljevska cesta« (izgradio ju je Darije I.), sagrađena u 6. st. pr. Kr., tekla punih 2600 km, od prijestolnice Suze (današnji Iran) do grada Sarda na zapadnoj obali današnje Turske. Vjerojatno je bila građena od sloja gline na koji je polagan sloj pijeska, zatim sloj šljunka te površinski sloj od krupnih kamenih ploča. Grčki historičar Herodot tvrdi da je cesta imala 111 konaka (otprilike na svakih 25 km) i da ju je bilo moguće prijeći za tri mjeseca.

Čini se da su se ulice popločavale prije nego što se razvio sustav kanalizacije i vodovoda (Asirija, Babilon). U Babilonu je poznata Ulica procesije građena od opeke prekrivene asfaltom, a na to su položene kamene ploče.

3.8. Prijevoz

3.8.1. Kotač

Prijevoz je revolucioniziran uvođenjem kotača. Točno podrijetlo kotača nije poznato, ali nakon otprilike 3500. pr. Kr. nalazimo prikaze prijevoza pomoću kotača na keramici i drugim oblicima umjetnosti. Prvi su kotači bili načinjeni od drveta, konkretno od tri povezana komada drveta. Činjenica da je isti oblik kotača korišten širom svijeta tijekom mnogih stoljeća ukazuje na to da se ta tehnika prenosila iz jednog izvora, vjerojatno iz Mezopotamije.

Kotač nije svuda koristan i njegova praktična uporaba jako ovisi o raspoloživosti dobrih cesta. Američki su narodi poznavali kotač (dječje igračke), ali zbog konfiguracije terena i nedostatka velikih životinja za vuču nije imao praktičnu ulogu. U sjevernoj su Africi stoljećima mnogo prikladnije bile karavane deva nego kola s kotačima.

3.8.2. Plovila

Nakon otprilike 3500. pr. Kr. nalazimo u Egiptu i Mezopotamiji prikaze brodova korištenih za plovidbu rijekama. Bili su u osnovi građeni od trske ili papirusa te korišteni za prijevoz ljudi i roba. Do 3000. pr. Kr. radilo su u biti o plovilima s kratkim veslima, kojima posada vesla okrenuta u smjeru gibanja broda. Prva se jedra u Egiptu opažaju oko 3000. pr. Kr. Bila su načinjena od pamučnog ili lanenog platna, kvadratnog oblika i postavljena okomito na os broda, tako da su se mogla rabiti samo kad je vjetar puhao u pravom smjeru. Narav rijeka u tim područjima činila je ta laka plovila uporabivima za prijevoz i trgovinu.

Tek oko 2500. pr. Kr. u Egiptu nalazimo dokaze o postojanju brodova s nizom vesala, kojima posada vesla okrenuta leđima u smjeru gibanja broda. Tada se je za izradu plovila počelo rabiti drvo, što je omogućilo građenje izdržljivijih i većih plovila. Nakon 2000. pr. Kr. gruba plovila s jedrom, koja su se razvila od čamaca i splavi građenih od trske, ustupaju mjesto drvenim brodovima s veslima i jedrima, te s visokim pramcem i krmom. Tim se brodovima upravljalo pomoću velikoga vesla postavljenoga sa strane u blizini krme. U to su doba brodovi postajali sve više dorasli plovidbi morem te su ubrzali trgovinu i naseljavanje u sredozemnom području.

Neki su egipatski brodovi bili prilično veliki: oko 2400. pr. Kr. sagrađen je brod duljine oko 35 m, a oko 1600. pr. Kr. brod duljine oko 70 m (za prijevoz obeliska).

Prvi pomorci su se uglavnom klonili pučine, određujući položaj samo prema obali i Suncu («obalna plovidba»). Iznimka su bili Feničani, koji potiču od jednog od najstarijih semitskih plemena i koji su svoju civilizaciju utemeljili na istočnoj obali Sredozemnoga mora (Sirija, Libanon, Izrael). Feničani se kao pomorska velesila pojavljuju oko 1100. pr. Kr., a njihovo je zlatno doba potrajalo do oko 800. pr. Kr. U tom su razdoblju osnovali mnoge kolonije u Mediteranu («Punsko carstvo»), među njima i Kartagu. Brodovi Feničana su imali vertikalnu gredu na pramcu i na krmu te kostur rebara koja su ojačavala trup broda građeno od dasaka, što je u osnovi moderna konstrukcija. Trgovali su maslinovim uljem, vinom, mramorom, kositrom i poljodjelskim proizvodima između sjeverne Afrike i Europe. Bili su u stanju prelaziti stotine kilometara preko otvorenoga mora. Moguće je da su pritom koristili astrolab (naprava koja oponaša gibanje Sunca i planeta). Znali su ploviti i noću daleko od obale. Plovili su sve do Britanije, Kanarskih otoka (1300 km od španjolske atlantske obale) i Azorskih otoka (gdje su stigli oko 200. pr. Kr.). Oko 600. pr. Kr. fenička je ekspedicija po nalogu egipatskog faraona Neka II. oplovila Afriku s istoka na zapad.

3.9. Vojna tehnika

Oko 2300. pr. Kr. je Sargon Veliki, kralj Babilonije, stvorio prvi imperij u povijesti, protegnut od Sredozemnog mora do Perzijskog zaljeva, a ostvario je to pomoću najstarije poznate profesionalne vojske, koja je brojila 5400 vojnika. Treba imati na umu da su se samo jedan naraštaj ranije, sudeći po očuvanim tekstovima, žrtve u bojovima između suparničkih država u Sumeru (u južnoj Mezopotamiji) obično brojile jednoznamenkastim bojovima.

Boj kod Kadeša između Egipćana i Hetita, oko 1270. pr. Kr.: 20 000 Egipćana protiv 17 000 Hetita s 2500 bojnih kola s po dva ili više boraca – moguće je da su brojevi pretjerani! Boj kod Qarqara, 853. pr. Kr., Asirci protiv sirijskog, libanonskog i palestinskog kralja s vojskom od 52 900 pješaka, 3940 bojnih kola, 1900 konjanika, 1000 boraca na devama.

3.9.1. Bojna kola

Doba nakon 2000. karakterizira nekoliko važnih novina koje su imale dubokosežan utjecaj na ljudsko društvo. Do tog su se doba učvrstila kraljevstva u Egiptu i Mezopotamiji, kao dobro uređene centralizirane države. Zahtjevi rastućeg stanovništva i potrebe za sirovinama poput bakra, kositra i drveta doveli su do jačeg međudjelovanja, putem trgovanja ili vojnim putem, sa stanovništvom okolnih područja.

Primjerice, područja sjeverno od Mezopotamije su bila u dodiru i s nomadskim narodima sa stepa središnje Azije, što je dovelo do zanimljivih posljedica. Naime, stepski su pastiri pripitomili konja, a tome je dodana mezopotamijska vještina obrade drveta, što je rezultiralo *bojnim kolima* – vozilom koje će imati golem utjecaj na povijest zbog svoje uloge u ratovima. Tako su Hetiti u Anatoliji u drugom tisućljeću prije Krista prvi upregnuli konja i magarca u kola s kotačima, stvarajući bojna kola, što je posve preobrazilo ratovanje na Bliskom istoku.

Veliko doba ratovanja na drevnom Bliskom istoku je uslijedilo poslije izuma bojnih dvokolica, koje su najstariji ratni stroj. Prvi poznati prikaz bojnih kola, sa zapregom od četiri divlja magarca, jest brončani kipić pronađen u današnjem Iraku, iz otprilike 3000. pr. Kr. »Urski barjak«, urešena kutija iz Ura u današnjem Iraku, nastala 2500. pr. Kr. prikazuje bojna kola (četiri puna kotača, četiri magarca) u pratnji najstarije poznate nam vojske (kožnati oklop i koplja). U sljedeća dva tisućljeća su stalna poboljšanja (primjerice kotači sa žbicama i metalne osovine) činiti dvokolice sve lakšima i bržima.

Uvođenje bojnih kola ovisi o nekoliko inovacija. U svrhu kontroliranja konja trebalo je uvesti uzde. Kotač više nije bio krug od drveta, već je sastavljen od glavine i žbica. Oko 1200. osovina je pomaknuta prema natrag, a umjesto kotača s 4 žbice uvodi se kotač sa 6 žbica.

Orma korištena za uprezanje volova prilagođena je konjima, no takva orma nije omogućavala uporabu konja kao životinje za vuču tereta i oranje. Naime, životinje su uprezane pomoću dva pojasa – preko prsa i preko trbuha – koji su se spajali na leđima u točki za koju je bio vezan teret za vuču. Takva je orma donekle odgovarala volu, ali je gušila konja, koji je stoga mogao vući samo lake terete, poput bojnih dvokolica.

3.9.2. Oklopi

Čini se da su prvi oklopi bili izrađivani od kože. Od metala su prve, koliko znamo, izrađivane kacige. U kraljevskom groblju u Uru iskopan je grob nekog princa pokopanog oko 2500. pr. Kr. s kacigom načinjenom od jednog komada elektrumskog lima (elektrum je prirodna slitina zlata i srebra). Moguće je da su slične izradevine od bakra i bronce nosili niže rangirani ratnici.

Najstariji očuvani tjelesni oklop je vjerojatno onaj nađen u grobu u blizini Mikene u Grčkoj, 15. st. pr. Kr. Riječ je o potpunom brončanom oklopu načinjenom od preklopljenih ploča, težak i nesavitljiv, vjerojatno za

dvokoličara. Pri iskapanju dvorca jednog faraona u Tebi iz oko 1400. pr. Kr. nađen je pak oklop načinjen od brončanih pločica ušivenih na kožno odijelo – laganiji i gipkiji, a istodobno se pojavljuje i u Kini. Oko 1000. pr. Kr. pojavljuju se oklopi od željeznih ljustica. Najstariji trag žičanog oklopa (načinjen povezivanjem malih željeznih prstenova), koji omogućuje još bolju pokretljivost, nalazimo na kipu u Pergamu (današnja Turska) iz 2. st. pr. Kr. Istodobno se pojavljuje i u Kini.

3.10. Razne izrađevine

3.10.1. Staklo

Prvo pravo staklo je vjerojatno načinjeno u Mezopotamiji oko 2000. pr. Kr., zagrijavanjem kvarca (kremena, SiO_2) i sode (natrijev karbonat, Na_2CO_3). Kalcij prirodno nazočan u sirovinama činio je staklo stabilnim, a olovo je dodavano da bi staklo bilo sjajnije.

3.10.2. Tkanine i tkalački stan

Oko 3500. pr. Kr i u Egiptu i u Mezopotamiji je bio u uporabi jednostavan tkalački stan za tkanje odjeće. Taj tkalački stan je bio postavljen na tlu i davao je grubu tkaninu. Kasnije se počeo rabiti vertikalni tkalački stan.

Pamuk je vjerojatno bio izvožen iz doline rijeke Ind u Mezopotamiju, a Egipćani su ga uskoro počeli uzgajati. No ipak je u Egiptu glavno vlakno bilo laneno. U drugim područjima, poput Anatolije i Sirije, korištena je i vuna. U Kini su nađeni dokazi postojanja svilene odjeće iz perioda oko 3000. pr. Kr.

3.10.3. Izvori energije

Značajka civilizacije na razini države je i korištenje novih izvora energije za izvođenje rada. Snaga mišića vola je korištena za vuču pluga, a pripitomljen je i konj i stavljen u čovjekovu službu.

U prvom tisućljeću prije Krista deva je počela biti osnovno transportno sredstvo, poput ljame u Južnoj Americi ili slona u Indiji i Južnoj Aziji.

Počela se koristiti i energija vjetra. Posebno je Nil – koji teče prema sjeveru, a vjetar puše uglavnom prema jugu – postao prometnica za brodove i čimbenik koji je doprinio jedinstvu drevnoga Egipta. Brodovi su počeli ploviti od Mezopotamije do doline Inda.

3.10.4. Kozmetika

Iz uljarica se ulje prešalo vrlo jednostavnim prešama. Najjednostavnija preša je bila naprosto vreća koja se ovijala oko dva vertikalna stupa, kako bi se iz maslina ili iz nekog drugog bilja i plodova iscijedilo ulje. Oko 1500. pr. Kr. pojavljuje se tijesak s polugom. Postoje dokazi o uporabi melema kao kozmetike načinjene od ulja s mirisima dobivenim od cvijeća.

Kahunski papirus, 1550. pr. Kr., sadrži najstariji poznati recept za sprječavanje začeca: rodnicu treba začepiti lateksom (sirova guma stabla akacije, sadrži mliječnu kiselinu koja je prirodni spermicid), smjesom sode i meda, kao i pastom od krokodilskog izmeta pomiješanog s kiselim mlijekom. Islamski spisi iz 13. st. preporučuju slonovsku balegu (kiselija je od krokodilske). Grci i Rimljani su koristili maslinovo ulje (smanjuje pokretljivost spermatozoida), često uz dodatak olova. Korišteni su i djelotvorni oralni kontraceptivi, biljke poput borovice, gorske metvice, divlje mrkve, divljeg krastavca, no mnoge imaju opasno popratno djelovanje.

Sapun se pojavljuje u Mezopotamiji, oko 2000. pr. Kr. Kuhano je ulje i alkalije i dobiven je talog kojim su se ljudi prali. Rimljani su sapun upoznali preko Germana, od kojih su uvezili tvar *sapo*, napravljenu od kozje masti i bukovog pepela. Egipćani i Židovi su se prali u sodi, Grci su koristili pljevu, pijesak i pepeo, rimljani maslinovo ulje. Arapi su prvi proizveli sapun za ruke u komadima, a osnovni su sastojci bili maslinovo ulje i drveni pepeo.

3.10.5. Metalni novac

U Egiptu i Mezopotamiji je u drugom tisućljeću pr. Kr. korišten novac u obliku brončanih alki koje su se mogle nositi nanizane na veći prsten. U Babiloniji su takvi metalni utezi bili standardizirani i nosili su državni žig, što je prvi korak prema kovanom novcu. Prve prave kovanice su se pojavile u kraljevini Lidiji, na zapadu današnje Turske, oko 650. pr. Kr. To su bili komadići elektruma (prirodne slitine zlata i srebra) u obliku zrna graha i sa znakom kralja i žigom koji jamči težinu i čistoću metala. negdje u isto vrijeme i Kinezi su počeli rabiti metalni novac, ali lijevan, a ne kovan. praktično istodobno se je pojavio i lažni novac (npr. posrebrena kovanica od bakra).

3.11. Narav tehnike

Ti su tehnološki razvoji bili važni za razvoj civilizacije, ali oni ne uključuju niti zahtijevaju nikakvo teorijsko ili »znanstveno« znanje, već samo pogađanje, sreću i vještinu. Ipak, oni pokazuju sposobnost zapažanja i učenja na iskustvu.

Materijalni dokazi pokazuju da je drevni obrtnik često po djelima ravnopravan modernom. Međutim, njegova su znanja i tehnika posve

iskustveni, nedostaje mu teorijska podloga. Rad se temeljio na iskustvenim metodama. Isprobavane su različite mogućnosti naslijepo, ali veoma strpljivo. Kad bi se ostvario željeni cilj, tu se je i zaustavio. Moderni čovjek ishod takvih pokušaja uopćava i racionalizira. Drevni je čovjek, kad bi postigao što je htio, naprosto postavio naputak za postizanje toga cilja (tj. opisao što je učinio da ga postigne), poput recepta u kuharici.

Naputak za caklinu na lončariji, oko 1700. pr. Kr., daje željeni ishod. Kako do toga dolazi, nije bilo na obrtniku da istražuje. Shvaćao je te preobrazbe kao čuda. Vjerojatno je pri izradi vršio obrede i izgovarao potrebne riječi, možda i prinosio žrtvu, radio točno utvrđenim redom. Čudo, kao bjelodano djelo bogova, se događalo. Svijet i svemir nisu doživljavani racionalnim. Bogovi koji njime vladaju povode se više za svojim hirovima i strastima, no za razborom. Obrtnik je sretan ako u takvim okolnostima uspije ovladati obredom koji omogućuje željeno čudo.

4. Antika: tehnika i filozofija

Antikom nazivamo razdoblje grčke, helenističke i rimske kulture od 7. stoljeća pr. Kr. do 5. stoljeća.

Grčka civilizacija je prva europska civilizacija koja je dala značajan doprinos svjetskoj povijesti. Antička je Grčka znamenita, između ostaloga, po »izumu« filozofije, a u sklopu nje i znanosti o prirodi, ali je ta znanost tijekom sljedeća dva tisućljeća ostala posve odvojena od tehnike, a tehnika se je tek relativno nedavno, sredinom 19. stoljeća, u svom razvoju počela oslanjati na znanost. U okviru ovog prikaza ne ćemo detaljno razmatrati problem nastanka filozofije i znanosti niti općenite odlike antičke znanosti (taj se problem obrađuje u okviru kolegija *Povijest fizike*), već ćemo se ograničiti na razvoj tehnike i odnos novog poimanja svijeta – filozofije – prema tehnici, a od značajki antičke znanosti ćemo upozoriti samo na one koje su bitne za taj odnos.

Općenito je antička znanost imala vrlo malu praktičnu važnost, u pravilu nije bila posvećena praktičnim ciljevima i nije imala značajan utjecaj na antičku tehniku u cjelini. Tehniku u čitavoj antici valja promatrati kao područje odvojeno od antičke znanosti, kao svijet obrade polja, tkanja, lončarstva, građenja, prevoženja, liječenja, vladanja i sličnih mnogih umijeća i tehnika, većih ili manjih, na kojima je počivala helenistička i grčko-rimska civilizacija.

Dok je antička znanost bila dio civiliziranog života u gradovima, tehnika i inženjerska praksa su bujale širom antičkoga svijeta, i u gradovima i na selu. U antici je inženjer – *architecton* – bio prepoznat društveni tip. Nekoliko pojedinaca čini vrh antičkog inženjerstva, primjerice Rimljanin Vitruvije, koji je krajem prvog stoljeća pr. Kr. radio kao inženjer prvog rimskog cara Augusta i koji je dao bitan doprinos tehničkoj literaturi. No inženjeri i obrtnici su većinom bili anonimni praktičari svojih umijeća, društveno, intelektualno i praktično veoma daleko od znanstvenog svijeta.

Stotine malih novih tehnika i tehničkih poboljšanja se pojavilo tijekom 1200 godina antike, poput nožnog kola dodanog lončarskom kolu, ali se u cjelini tehnički temelj proizvodnje nije promijenio tijekom tog perioda. U nekim se granama tehnike, poput rudarstva, pojavio industrijski stil proizvodnje, a postala je uobičajena i trgovina na velike udaljenosti. No većina proizvodnje je ostala zasnovana na obrtništvu i lokalna, a obrtnici, tradicionalno skloni skrivanju svoga umijeća, su nastojali monopolizirati svoje prakse, ne oslanjajući se na pisanu riječ, znanost ili filozofiju prirode.

Cement je imao najveću neposrednu važnost u antici, zatim slijedi mehanika. Filozofija je malo neposredno doprinijela razvoju tehnike, ali je u biti najvažniji antički doprinos tehnici, jer će u budućnosti korjenito promijeniti narav tehnike.

4.1. Okolnosti nastanka helenske civilizacije

Grčka civilizacija je skup decentraliziranih gradova-država, što ju bitno razlikuje od susjeda, prije svega Egipta i Mezopotamije, gdje su nastala centralizirana kraljevstva. To je »sekundarna civilizacija«, izrasla na periferiji Egipta i Mezopotamije, te ekološki i gospodarski veoma različita od njih: gospodarstvo se ne temelji na hidrauličkom ratarstvu, za što nema prirodnih uvjeta (hrana se uvozi iz kolonija koje se osnivaju u tu svrhu), već prije svega na trgovini, uključujući prekomorsku trgovinu.

4.1.1. Migracije Indoeuroljana i posljedice

Početakom 2. tisućljeća pr. Kr. prodrle su u Grčku indoeuropske skupine Jonjana, Eoljana i Ahajaca te su se nametnule kao gospodari zatečenim zemljoradnicima i pastirima. Prvi indoeuropski napadači na Grčku, njihovi potomci i novi osvajači sa sjevera, zavladao su poslije 2000. pr. Kr. gotovo cijelim poluotokom. No sloj osvajača je bio tanak pa nije mogao duže vrijeme održati strogo razdvajanje. Njihova religija i kultura stopili su se s religijom i kulturom pokorenog stanovništva. Oko 1200. pr. Kr. je orijentalno-europski svijet bio pogođen teškim udarcem. U to je vrijeme snažan napad naroda konjanika iz azijske unutrašnjosti prisilio na uzmak druge narode s kojima se susreo. Prvi koji su primili udaraca i koji su ga prenijeli dalje bili su Iliri. Pred njima su uzmakli stanovnici sjevernih oblasti Balkanskoga poluotoka – Dorani, stari etnički srodnici Ahajaca i Jonjana. Oni su krenuli na jug vodeći ogorčenu borbu s drugim Grcima, koji su, osobito Jonjani, krenuli preko mora u Malu Aziju, gdje se oko 1000. pr. Kr. osnivaju kolonije, a »Jonijom« je nazvan središnji dio, koji su naselili Grci koji su govorili Jonskim dijalektom.

4.1.2. Heleni

Nakon ilirsko-dorske seobe su Grci brojčano ojačali i više nisu činili samo gornji tanki sloj, već su bili snažan narod i cjelina za sebe. Oko 800. pr. Kr. plemena su uzela zajedničko ime: *Heleni*. Zemlja u kojoj su živjeli ispresjecana je planinama tako da su doline i ravnice bile teško pristupačne. U njima se je lako moglo živjeti izolirano i u manjim zajednicama. Stoga se kod starih Helena nije nikad razvio osjećaj o zajedničkoj državi. Vezala ih je svijest o zajedničkoj kulturi i zajedničkoj vjeri. Svi Heleni su svake četvrte godine u Olimpiji proslavljali zajedničke igre koje su imale sportski i vjerski karakter. Zajedno su odavali počast Homeru kao velikom grčkom pjesniku i njegovim spjevovima kao svjedočanstvu zajedničke vjere. Bili su ponosni na zajednički jezik. U opasnostima su se ujedinjavali protiv zajedničkog neprijatelja. Bili su povezani nacionalnim osjećajem, ali to nije isto što i svijest o državi. Oni sami nisu nikad dragovoljno htjeli priznati zajedničko državno vodstvo.

4.1.3. Početak preobražaja

Heleni su najranije od svih indoeuropskih naroda uveli redovitu plovidbu i dali joj veliki značaj. Trgovina i gusarstvo su uskoro postali zanimanje velikih obitelji. Od oko 700. pr. Kr. u Joniji se opažaju posebno istaknute posljedice promjena koje se zbivaju po cijelom grčkom svijetu, prije svega veliko povećanje opsega vanjske trgovine. Milet postaje vodeće mjesto u tom smislu, trguje se po čitavom istočnom Mediteranu i osnivaju se kolonije. Skupa s time zapažamo općenito otvaranje prema vanjskom svijetu. Preuzimaju se i razvijaju materijalna umijeća okolnih civilizacija. To upućuje na vjerojatan utjecaj tih civilizacija i u drugim aspektima kulture. Jonjani su bili impresionirani raznolikošću tih kultura i njihovim postignućima:

- i) Trguju s Babiloncima i vidi se utjecaj u umjetnosti. Tu je urbana civilizacija i pismenost bila stara stoljećima. Tu su mogli naći izvore u matematici, astronomiji i pričama o podrijetlu bogova i svijeta. Prijenos tih znanja Grcima je mračan i kontroverzan.
- ii) Što se Feničana tiče, moguće je da su neka intelektualna zbivanja, kozmogonija prije svega, utjecala na najranije filozofe. U svakom slučaju, njima Grci duguju pismo.
- iii) Grci su vjerovali da je Egipat mjesto drevne mudrosti. No, matematika i astronomija su bile na nižoj razini no u Babiloniji. Od Mileta do Egipta su tri-četiri dana plovidbe. Milet je jedini od grčkih gradova imao dopuštenje za trgovačku ispostavu u delti Nila. Do Talesova doba (na prijelazu iz 7. u 6. st. pr. Kr.) taj je grad, Naucratis, postao glavna spona Egipta i Jonije. U doba Talesa Egipat prolazi kroz kulturnu i znanstvenu renesansu, faraoni Psamtik i Necho nastoje povratiti egipatsko kulturno i političko vodstvo kroz oživljavanje učenosti. Definitivno je u tom vremenu Egipat uzbudljivo mjesto koje valja posjetiti. Put u Egipat je jednostavan i običan, rutinski, to je naposljetku posao od kojeg Milećani žive. U Egiptu su Grci mogli naučiti geometriju i to nitko u antici ne poriče.
- iv) Perzijanci, koji su također prolazili kroz kulturnu renesansu, su se počeli širiti iz Irana, i do 540. pr. Kr. su ovladali cijelom Malom Azijom, uključujući i grčke gradove na obali.

4.1.4. Pismo i literatura

Između 1000. i 800. pr. Kr. Grci su preuzeli pismo od Feničana, uveli u njega samoglasnike i usavršili ga. Taj se grčki alfabet širi tijekom 8. stoljeća pr. Kr. Između ostaloga, on omogućuje racionalizaciju, standardizaciju i objavljivanje zakona, što se pokazalo važnim za politički razvoj.

Širenju toga pisma pomogao je izum pergamenta, jednog od tri najvažnija materijala za pisanje. Pergament je dobio ime po grčkom Pergamu, u kojem je usavršen namakanjem u vapnu. Radi se o osušenoj,

ostruganoj i napetoj koži koze, ovce ili goveda, mekšoj i trajnijoj od egipatskog papirusa.

U poeziji inozemni utjecaj na Jonjane nije nikad bio velik. *Ilijadu* i *Odiseju* je napisao jedan ili dvojica Jonskih pjesnika na temelju tradicionalnog grčkog materijala. O Homeru, autoru *Ilijade* i *Odiseje*, ne znamo gotovo ništa. Ta dva spjeva opisuju kraj i posljedice Trojanskoga rata između Grka i Trojanaca. Oni su bjelodano proizvod duge oralne tradicije, koje su korijeni duboko u grčkoj povijesti, u mikenskom dobu, prije 1200. pr. Kr. Vjerojatno su zapisani u 8. st. pr. Kr. Kako bilo da bilo, oni su postali temelj grčkog obrazovanja i kulture i najbolje su svjedočanstvo koje imamo o drevnoj grčkoj misli. Grčki bogovi u ovom periodu (ili barem bogovi grčkih plemića, o kojima Homer prvenstveno govori) poetski su uzdignuti ljudi s velikom snagom i čak obdareni besmrtnošću, s ljudskim strastima, slabostima i manama, ali isto tako i s težnjom za pravednošću. Oni su blagonakloni svakome tko im prinosi žrtvu.

Uz bok Homeru stoji Heziod, koji je živio krajem 8. i početkom 7. st. pr. Kr. u Boeotiji. Pripisuju mu se dva velika spjeva: *Djela i dani* i *Teogonija*. *Teogonija* opisuje postanak bogova i svijeta. Dao je geneologiju bogova i, skupa s Homerom, odredio njihovu narav i funkciju u svijetu. Pod utjecajem Homera i Hezioda je 12 olimpskih bogova (Zeus, Hera, Posejdon, Had, Atena, Ares...) odabrano iz mnoštva lokalnih božanstava kao bogovi Grka.

Teogonija je vjerojatno najstarije grčko literarno djelo koje posjedujemo. Nije ograničeno tradicijom i u njemu se vide inozemni utjecaji. Sadrži tradicionalne grčke priče, tj. grčki bogovi imaju istaknuto mjesto, ali i inozemne bliskoistočne utjecaje, npr. mit o nasljedstvu: Urana nasljeđuje Kronos, a njega Zeus. Neke je bogove sam autor »izmislio«. Oni odgovaraju odlikama svijeta koje su se autoru činili važnima: nalazimo božanstva poput Zemlje, Noći, Rijeka, Sna, Pobjede itd. Nastoji se oblikovati potpuna, jedinstvena i razumna slika funkcioniranja i povijesti svemira, a mehanizam kojim se to postiže je jedan jedini: bogovi rađaju bogove.

Svijet Homera i Hezioda je svijet antropomorfnih božanstava koja se upliću u ljudske poslove i rabe ljude kao pijune u svojim zavjerama i intrigama. To je hirovit svijet u kojem se ništa ne može sa sigurnošću predvidjeti zbog neograničene mogućnosti božanskog uplitanja. Prirodne su pojave personificirane i obogotvorene. Mjesec i Sunce se smatraju božanstvima, gromovi i potresi nisu posljedak prirodnih sila, već volje bogova.

4.1.5. Aristokracija i polis

Homer pjeva o kraljevima i plemićima, a narodu posvećuje samo uzgrednu pozornost. Društveni sloj koji nosi taj svijet je ratnička aristokracija. Za aristokraciju su poljoprivredni rad obavljali njihovi pastiri ili naseljenici. Plemići su išli i na more, odakle su se vraćali s blagom koje su stekli trgovinom ili gusarenjem.

Doseljeni Grci upoznali su u Maloj Aziji staru gradsku kulturu. Tu su prihvatili forme zajedničkoga života pod zaštitom zidina i opkopa. Trebalo je da duže vrijeme izdrže borbe s okolnim stanovništvom, a usamljeno je

naselje bilo izloženo opasnosti. Stoga se Grci tu ujedinjuju u veća naselja, pri čemu plemići nisu više mogli tako lako zadobivati i držati vlast u svojim tvrđavama i na posjedima.

U Joniji je narav gradskog uređenja promijenjena i preobražena u pojam *polis*a. Za Grke je grad bio njihova domovina. Do 8. st. pr. Kr. kraljevske su obitelji izgubile veći dio moći u odnosu na aristokraciju, a moć aristokracije opada u sljedeća dva stoljeća porastom trgovačkog bogatstva i uvođenjem teško naoružanih vojnika. To daje odlučujuću moć većem broju građana izvan aristokracije, tj. onima koji mogu osigurati oružje i oklop. Bogati građani podupiru nekog pojedinca (takav se nazivao »tiranom«) koji izvede državni udar i vlada u suradnji s njima. U Joniji se tirani vjerojatno javljaju tijekom 7. stoljeća pr. Kr.

Do ovog odlučujućeg preokreta dovela je promjena načina ratovanja. Homer opisuje hrabrost ratnika na bojnim kolima, koji se bore jedan s drugim i koji mogu pred sobom tjerati stotine boraca, ako među njima nema vodstva i reda. Postepeno se širilo uvjerenje da običan čovjek i naoružani seljak može izdržati u borbi protiv bojnih kola i vitezova. Pri tome je potrebno da se organizira i u jedinstvenoj trupi kreće i pruža otpor, da se bori u čvrstom poretku. Iz spoznaje o vrijednosti pješadije koja zbijena i zgusnuta stoji prema pojedinačnom borcu na bornim kolima rodila se grčka *falanga* – širok i izdužen red kopljanika i oklopnika koji su nastupali i borili se u poretku jedan odred iza drugoga. Ni bojna kola ni konjanik nisu više gospodarili bojnim poljem kao tijekom 2. tisućljeća i u dorskoj selidbi.

Rađanje falange zadalo je smrtni udarac aristokraciji. Seljaci i zanatlije su sve više preuzimali na sebe obranu zajednice i stoga su dolazili u pitanje zahtjevi aristokracije za bezuvjetnom pokornošću masa. Pobune protiv plemstva trajale su stoljećima. Krajem grčkog srednjeg vijeka nastalo je stanje u kojem su plemići još bili prvi građani svoga grada, ali ne više gospodari svojih sugrađana. Plemić je još mnogo stoljeća zadržao znatan utjecaj, zbog svojeg bogatstva ili sposobnosti, ali to nije bila vlast u prvobitnom smislu. Njihov značaj u zajednici ovisio je o slavnim djelima, pametnim savjetima ili naklonosti građana.

Usporedno s tim promjenama se javljaju pisani zakoni, koji su prije bili nepisani i izraz volje aristokracije. No trgovina zahtijeva razrađen i određen skup pravila glede vlasništva i ugovora. Po prvi su put u povijesti takvi pisani zakoni i ustavi bili izraz političke volje nezanimarivog dijela stanovništva, a ne nametnuti odozgo. Društvom sada po prvi put upravljaju pravila koja je ono svjesno i namjerno odabralo, o kojima se može raspravljati i koja se mogu mijenjati pristankom većine. U političkom razvoju je Jonija bila posebno napredna, tu je novi način ratovanja i alfabet usvojen prije nego u ostatku grčkoga svijeta.

Ta je politička evolucija bila nužni preduvjet ili barem važan čimbenik u pojavi novog svjetonazora i filozofije: javlja se pojam zakona kao nečeg određenog, nepristranog i nemjenljivog. O njemu se raspravlja među jednakima, na javnim mjestima, i rasprava se mora temeljiti na općenitim, nepristranim načelima zakona ili razuma. Počinje se razvijati ideja razumskog argumenta. Javlja se navika da se pojedinačne posebne situacije vide kao primjena apstraktnog zakona. U tom se smislu nov način mišljenja može uvjerljivo povezati s jednako novim političkim i društvenim razvojem.

4.1.6. *Specifičnosti helenske civilizacije i društva*

Na temelju gornjih razmatranja možemo sabrati specifičnosti grčke civilizacije i društva:

Gospodarske okolnosti. Prve civilizacije su vezane uz plodne doline, čega na Balkanu, gdje su se Grci doselili, nema. Balkan nudi skromne mogućnosti za poljoprivredu. Stoga Grci otpočetak osnivaju kolonije po Sredozemlju – Mala Azija, Crno more, južna Italija. Cilj te kolonizacije bilo je osiguravanje potrebne razine poljoprivredne proizvodnje. Stoga ovdje imamo posla s civilizacijom koja od samoga nastanka počiva na trgovini, koja je orijentirana na stvaranje prometnih i trgovačkih mreža, koja je oslonjena na razmjenu sa susjedima i kolonijama. Tu nalazimo mnogo više obrtnika i trgovaca nego u starijim civilizacijama. Dok je egipatski grad prvenstveno administrativno središte, grčki je trgovište; grčki je građanin prvenstveno trgovac. Trgovanje, robovski rad i plijen od osvajanja izdržava sloj ljudi slobodnih od rada.

Dodir sa starijim civilizacijama. Putem trgovanja Grci dolaze u dodir sa starijim civilizacijama i preuzimaju njihova znanja i vještine: Perzija, Mezopotamija, Fenicija, Egipat itd. Upoznaju drukčije religije i svjetonazore te počinju relativizirati vlastitu religiju. Pitanje o tome što grčka znanost duguje egipatskoj i babilonskoj raspravlja se od antičkih vremena. Zastupani su različiti stavovi: od toga da duguje sve, do toga da ne duguje ništa. No, tu je bitan problem prenošenja znanja i tumačenja prenesenih znanja.

Političke okolnosti. Geografske i gospodarske prilike omogućuju političku rascjepkanost. U takvim okolnostima nema potrebe za jakom središnjom vlasti, centraliziranom državom i institucionaliziranom religijom, što je temelj održanja prvih, hidrauličkih civilizacija, kojih se gospodarstvo temelji na poljoprivredi s velikim sustavima navodnjavanja. Umjesto kraljevstva, temeljna politička jedinica je polis, grad-država.

Tu je razlika grčke civilizacije spram starijih bliskoistočnih civilizacija najizraženija. U to vrijeme Grčka nije bila mirnija i stabilnija od Egipta i Babilonije, primjerice. Naprotiv, to je vrijeme velikih političkih prevrata. Milet je također bio poprište političkih borbi i njime su na mahove upravljali tirani. U sedmom i šestom stoljeću dolazi do utemeljenja i učvršćenja institucija gradova-država, do razvoja nove političke svijesti i umnožavanja ustavnih oblika, od tiranije, kroz oligarhiju do demokracije. Građani Atene ili Mileta nisu tek sudjelovali u vlasti, oni su se često uključivali u aktivnu raspravu o pitanju najbolje vrste vladavine.

Sloboda s kojom su miletski filozofi doveli u pitanje starije ideje i kritizirali jedan drugoga može se usporediti s duhom u kojem su građani razpravljali o najboljem političkom uređenju. Milećani su uveli novi kritički duh u čovjekov odnos spram prirode, a to se može promatrati kao izdanak suvremenog razvoja prakse slobodne i otvorene rasprave u političkom i pravnom kontekstu diljem grčkog svijeta.

Religijske okolnosti. U Egiptu i Mezopotamiji bogovi su imanentni, oni *jesu* svijet. No Židovi i Grci su raskrstili s načinom mišljenja koji je prevladavao do njihova vremena. Bog Židova ne čini tvorni svijet, on ga preseže. Jahve nije isto što i svijet, prirodne su pojave tek odraz božje veličine. Bog Židova je čisto biće, apsolutno i neizrecivo. Takav je pojam boga

toliko apstraktan da možemo reći da su Židovi već napustili područje mitotvorne misli, premda ne posve.

U grčkim misterijama se pak uočava manja razlika između ljudi i bogova. Za Grke je nazočnost olimpskih bogova očigledna u prirodi, ali oni nisu stvorili svemir i nisu raspolagali čovjekom bezuvjetnim pravom vlasništva kao bliskoistočni bogovi. Grci ističu svoje zajedničko podrijetlo s bogovima. Gea, zemlja, je majka ljudi i bogova. Grčka narodna religija je mnogobožačka i nikada nije institucionalizirana kao u Egiptu. Postoji skup zajedničkih bogova, no svakodnevno se više pozornosti poklanja lokalnim bogovima. Posljedica je svega toga da grčka religija nikada nije dostigla, niti je bilo potrebe da dosegne, razinu centralizacije drevnih civilizacija. Religija nema toliki autoritet kao drugdje. Grčki su bogovi antropomorfni, a postoje i polubogovi – heroji. To je labava, liberalna, »svjetovna« religija, daleko od autoriteta egipatske.

Društvene okolnosti. Heziod, seljak, opisuje bogove i svemir kao stvar osobnog interesa, ne obazirući se na hijerarhiju. Isto neobaziranje na posebne službe vidimo kod jonskih filozofa. To su ljudi koje njihove zajednice nisu postavile da se bave duhovnim stvarima. Oni su gonjeni vlastitom željom istraživali prirodu i nisu se ustručavali objaviti svoja otkrića. Njihova je radoznalost bila živa i nesputana dogmom.

4.2. Helenistička kultura

Makedonski carevi Filip i Aleksandar doveli su sredinom 4. st. pr. Kr. kraju slobodnu Grčku i grčke gradove-države. Aleksandrova su osvajanja uvela korjenite promjene u grčki svijet. Grci su se našli u okviru velikoga carstva, države novog tipa, u kojem je Aleksandar ujedinio golemo područje pod jedinstvenom vlašću. Gradovi-države su zadržali stanovitu nezavisnost, ali Atena ili Sparta više nisu imale moć.

Jedan od rezultata Aleksandrovih osvajanja je bila mogućnost boljih intelektualnih i kulturnih kontakata Grka i drugih naroda. Aleksandar je helenizirao zemlje koje je osvojio, širio grčku kulturu i jezik. To je dovelo do boljih kontakata Grka i pokorenih naroda, do stanovitoga miješanja kultura. U svakom su slučaju donekle erodirale barem neke od barijera između Grka i ostalih naroda. Može se uočiti stanovito širenje mentalnih horizonata. Miješanjem kultura, preuzimanjem elemenata od pokorenih naroda, nastaje sinteza grčkih i inozemnih elemenata označena terminom »helenistička« kultura. Iako su grčki elementi tu prevladavali, tim se historiografskim terminom želi razlučiti ovaj period od onog ranijeg, od izvorne grčke, »helenske« kulture, budući da su se okolnosti u grčkom svijetu u tolikoj mjeri promijenile.

Helenističko doba nije bilo ništa mirnije od onih koja su mu prethodila. Nakon Aleksandrove smrti (324. pr. Kr.) carstvo se je raspalo. Indija se vratila pod vlast Indijaca, a ostatak carstva se raspao na tri kraljevstva: Makedoniju (uključujući grčki poluotok), Egipat i Seleučko

carstvo u Mezopotamiji. Počinje doba nereda i nesigurnosti. Tek su Rimljani opet uveli red: osvajaju makedonske monarhije tijekom 2. stoljeća pr. Kr., a Grke su pokorili 146. pr. Kr. Tada počinje heleniziranje Rima i utjecaj Grka i istoka na zapad Europe. Period makedonske prevlasti došao je konačnom kraju s rimskim pripojenjem Egipta nakon Kleopatrine smrti 31. pr. Kr. Nastupio je period od dva stoljeća mira i reda pod rimskom vlašću (od Augusta 30. pr. Kr.) u okrilju ideje jedinstvene civilizacije.

Političke, ekonomske i kulturalne promjene koje odlikuju helenistički period u odnosu na klasični, na različite su načine utjecale na razvoj znanosti i tehnike:

- i) Više nemamo posla s čisto grčkom znanošću, već sa znanošću helenističkog svijeta. Znanstvenici su pripadnici različitih naroda.
- ii) Kraljevi počinju materijalno pomagati i podržavati znanost i učenost, posebno Ptolomejevići u Aleksandriji, što ju uskoro čini središtem znanstvenog istraživanja. U to doba spadaju značajni Grčki doprinosi napose matematičari, uključujući astronomiju (Euklid, Arhimed, Aristarh, Apolonije, Klaudije Ptolomej).

Helenističko doba je početak novog razdoblja antičke znanosti. U helenskom svijetu je filozofija prirode bila stvar pojedinaca bez patronata, helenska je znanost bila djelo mislioca bez pokrovitelja, usmjerena prema apstraktnoj misli. No helenistički je svijet više kozmopolitski, s novim načinom organiziranja i društvene potpore istraživanjima. Narav helenističke i grčko-rimske znanost se ogleda u institucionaliziranju čiste znanosti i filozofije prirode, prije svega u okviru *Muzeja* i *Knjižnice* u Aleksandriji. U helenističkoj se znanosti opaža hibridizacija tradicije helenske filozofije prirode i obrazaca državom poduprte znanosti kakva je nastala u istočnim kraljevstvima, gdje su kraljevi i carevi podupirali birokratiziranu znanost usmjerenu prema korisnim primjenama. Helenistička znanost u zemljama drevnog Bliskog istoka je kombinirala te odvojene tradicije. Državna potpora i pokroviteljstvo znanstvenog teoretiziranja i apstraktne učenosti je moćna novina helenističke kulture i ostala je dio povijesnog obrasca znanosti u svim kasnijim društvima koja su naslijedila grčku tradiciju.

Muzej u Aleksandriji su osnovali Ptolomejevići, oko 280. pr. Kr., a uz promjenljivu potporu je postojao 700 godina – 415. su kršćanski fanatici ubili Hipatiju, prvu poznatu matematičarku i posljednjeg poznatog znanstvenika Muzeja, nakon čega je Muzej zatvoren. Muzej je bio istraživački institut u kojem je ponekad radilo do 100 znanstvenika koje je plaćala država. Motivi Ptolomejevića i ostalih pokrovitelja nisu posve jasni. Bez sumnje su očekivali praktične plodove i institucijski pritisak je barem indirektno usmjeravao znanstvenike prema korisnim primjenama. Izvori pokazuju da su helenistički znanstvenici bili orijentirani prema praksi više nego njihovi helenski prethodnici (npr. istraživali su i gradili ratne strojeve). No ipak se čini da su glavni motiv bili prestiž i slava koje su takvi pothvati donosili pokroviteljima. U Aleksandriji su dominirale literarna i filološka istraživanja, matematika uključujući astronomiju, geografija, medicina i anatomija, optika, akustika i mehanika. I u drugim su gradovima osnovani muzeji i knjižnice, npr. u Pergamu.

4.3. Početak filozofije

U prvoj knjizi *Metafizike* Aristotel kaže da je Tales bio prvi koji nije pripovijedao mitove o bogovima, već se je u svojim prikazima oslanjao na iskustvo i dokaze – tražio uzroke stvari. Drugim riječima, možemo reći da s Talesom, odnosno s misliocima koji su se pojavili u Joniji, u i oko grčke kolonije Milet, u 6. st. pr. Kr., počinje nova tradicija poimanja svijeta, iz koje se je naposljetku razvila filozofija. Vjerojatno je pretjerano nazivati te mislioce »prvim filozofima« ili čak »prvim znanstvenicima«. To su prije ljudi uključeni u pokret koji je naposljetku doveo do odvajanja filozofije od drukčijih načina shvaćanja svijeta.

Tu naime susrećemo filozofiju u njezinu »početku«, kao što smo ranije sreli tehniku i matematiku. U svim tim slučajevima početak možemo shvatiti kao stanje onoga što počinje u kojem ono još uvijek nije određeno u smjeru ovog ili onog kraja. To znači da su mnogi nastavci još mogući. Znati početak neke stvari tada znači znati ju u njezinoj mladosti, kada još može postati svašta. Kao mlad čovjek potaknut da se posveti mogućnostima koje stoje pred njim. To nagovještava jedno kretanje u kojem se uz sve veću određenost konkretizira jedan smjer koji je na početku otvoren i još nije ustaljen.

»Milećanima« nazivamo trojicu mislioca podrijetlom iz grčke kolonije Milet u Joniji, na zapadnoj obali Male Azije, današnja Turska: Tales (oko 640. pr. Kr. – oko 560. pr. Kr.), Anaksimandar (oko 610. pr. Kr. – oko 540. pr. Kr.) i Anaksimenes (oko 585. pr. Kr. – oko 530. pr. Kr.). Oni su prvi od »predsokratovaca«, filozofa koji vremenski prethode Sokratu. Znamo da su Tales i Anaksimandar bili bliski i oblikovali su sustav ideja o naravi svijeta koji se, barem od Aristotela, prepoznaje kao novi početak.

Tales nije pisao rasprave, ali Anaksimandar i Anaksimenes jesu, to su jedna od najranijih grčkih prozaičkih djela. No o predsokratovcima općenito, a o Milećanima posebno, znamo veoma malo. Naš su izvor razbacani fragmenti njihovih misli koje prenose kasniji autori, te prikazi i komentari kasnijih filozofa, prvenstveno Aristotela. I sam se Aristotel žalio na nepouzdanu izvore, iz druge ruke, u najboljem slučaju od drugih Milećana. Takvo stanje stvari je izvor naše nesigurnosti o pitanjima koja su postavljali i odgovorima koje su davali. Moguća su različita tumačenja. Čak i da nije tako, moramo imati na umu da imamo posla s početkom filozofije i da je teško uistinu razumjeti tako udaljene mislioce. Moramo biti jako oprezni da njihove probleme i misli ne tumačimo u skladu s našim nazorima i shvaćanjima.

Milećani su počeli razmišljati i govoriti o svijetu na dotad nepoznat način. Kao začetnici nečeg novog oni još nisu razvili posve artikuliran sustav istraživanja, koji bi uključivao određenu metodologiju i koji bi pokrивao čitavo područje koje danas nazivamo »filozofijom« i »prirodoslovljem«. Njihova su istraživanja bila ograničena na veoma uzak krug problema i nisu imali posve jasnu predodžbu »metode«. Počeli su naprosto raspravljati neka nova pitanja i neka stara pitanja na nov način. Novo poimanje svijeta prepoznajemo u pitanjima koja su raspravljali i načinu na koji su ih raspravljali.

Prije svega moramo reći što podrazumijeva početak filozofije, koju su novinu u poimanje i istraživanje svijeta ti mislioci uveli. Temelj novog

poimanja svijeta je pretpostavka da pojave u svijetu koje opažamo, a koje nije izazvao čovjek, nisu očitovanje volje božanstava, već nužde, one su posljedica nepromjenljivih zakona koje je čovjek u stanju spoznati svojim razumom. To su »prirodne pojave«, u smislu da se kroz njih očituju izravno neopazivi »prirodni zakoni«, a priroda je onaj segment svijeta kojeg je vlastito ponašanje određeno isključivo tim zakonima.

4.3.1. Veza s mitom, odnos nove i stare tradicije

S jedne strane uočavamo snažnu vezu s mitom, s prethodnom tradicijom poimanja svijeta, prije svega u problemima kojima se bave (postavljaju neka pitanja na koja i mit daje odgovore) i u nadahnuću za neke konkretne odgovore.

Mitovi, primjerice, govore o postanku svijeta, o tome kako je nastao svijet u kojem živimo, a to pitanje susrećemo i kod Milećana. Tales kaže da je svijet nastao iz vode, a postanak svemira iz izvorne vode je slika koja se javlja u mitovima širom drevnog Bliskog istoka i očigledno se je Tales nadahnuo tim izvorima.

Talesova teorija potresa je drugi primjer. Čini se da je smatrao da je Zemlja ravna ploča koja pluta na vodi te da potresi nastaju kada se ta ploča potrese valovima na toj vodi. Zamisao da Zemlja pluta na vodi pojavljuje se u više Egipatskih i Babilonskih mitova, a ideja da je Posejdon, bog mora, odgovoran za potrese bila je grčkog narodnog vjerovanja.

Nadalje, kad govorimo o »nastanku filozofije« moramo imati na umu što to uistinu podrazumijeva. Moramo imati na umu složenost i nejednolikost različitih sastavnica rane grčke spekulativne misli i ne smijemo joj prilaziti na način da se bavimo samo onim njenim vidovima koji odgovaraju našim pojmovima razvoja. To nam daje beznadno jednostranu sliku.

Treba imati na umu da nova tradicija mišljenja postoji i razvija se paralelno s tradicionalnim svjetonazorom. Ne smijemo misliti da tada »filozofija« naprosto zamjenjuje »mit«. Mnogi mislioci koji su bili važni za razvoj grčke kozmologije i znanosti vjerovali su i zanimali se za magiju. Iako ne možemo poreći da se od 6. do 4. st. pr. Kr. dogodila značajna promjena, ipak moramo biti oprezni kad govorimo o razvoju nove slike prirode, oslobođene volje. Razvija se nova tradicija razumijevanja svijeta u okviru koje se razvija tehnika obrazlaganja i iskustvenog istraživanja.

1) Nova tradicija nije istisnula popularna i tradicionalna vjerovanja, uključujući praznovjerje i magiju. Njih se i dalje drži većina Grka i mnogi istaknuti mislioci tog vremena. Štoviše, ona su se razvijala i rasla usporedno s razvojem filozofije i znanosti i vjerojatno pod utjecajem tog razvoja (oblikovana po uzoru na njih).

2) Ono što su sami Grci identificirali kao napredak, ili barem kao neizdvojivi dio civiliziranog života, često je uključivalo te razrade tradicionalnih vjerovanja, isto kao i drugih disciplina, koje bismo nazvali umijećima, umjetnostima ili znanostima.

3) Nipošto ne stoji da su svi oni koji su doprinijeli ranom razvoju raznih grana filozofskog istraživanja imali skeptički, pozitivistički stav. Takvi bi se stavovi možda mogli pripisati Demokritu i Anaksagori, ali ne primjerice

Empedoklu i Pitagori. Primjerice, znamo malo o ciljevima i motivima matematičara 5. i 4. st. pr. Kr., ali je sigurno da su kod barem nekih od pitagorovaca istraživanja bila povezana i stimulirana mistikom brojeva. Posebno su dojmrljive različite sastavnice unutar rane grčke medicine.

4.3.2. Oblikovanje ideje prirode i prirodnih zakona, klase pojava

Premda su barem neki problemi i odgovori nadahnuti mitovima, ti su problemi postavljeni, a odgovori dani, u posve novom kontekstu, u kontekstu shvaćanja prirode na temelju prirodnih zakona; osim voljnih bića (ljudi i bogova) u svijetu postoje bića ponašanje kojih nije izraz njihove volje, već nužde, strogih zakona.

Opet Talesova teorija potresa može poslužiti kao dobar primjer novog načina objašnjavanja pojava. Čini se da je smatrao da Zemlja ravna ploča koja pluta na vodi te da potresi nastaju kada se ploča potrese valovima na toj vodi. Zamisao da Zemlja pluta na vodi pojavljuje se u više Egipatskih i Babilonskih mitova, a ideja da je Posejdon, bog mora, odgovoran za potrese bila je grčkog narodnog vjerovanja. No, ma koliko naivna Talesova teorija bila, on se tu ne poziva niti na Posejdona niti na bilo koje drugo božanstvo, već daje jedno posve naturalističko objašnjenje.

Prva ideja po kojoj se mišljenje Milećana razlikuje od mišljenja svih ranijih mislioca jest postupno oblikovanje pojma prirode kao uzročno-posljedičnog tijeka događaja određenog nepromjenljivim zakonima. U tradicionalnom grčkom svjetonazoru, kao i u svjetonazoru prvotnih civilizacija, svijet čine isključivo bića koja djeluju vođena razumom, voljom i osjećajima – ljudi i bogovi. U svjetonazoru kojeg postupno oblikuju Milećani u svijetu se osim takvih bića prepoznaje »priroda«, u smislu da se neke pojave koje su ranije tumačene kao »ponašanje« božanstava i očitovanje njihove volje, sada shvaćaju kao »prirodne pojave«, tj. očitovanje »zakona prirode«. Temelj Milećanske revolucije je vizija svemira kojim upravlja općevaljani zakon. Za tako nešto nema uzora izvan Jonije. Svijet se dijeli na svijet prirode i svijet čovjeka (te, naravno, jednog Boga ili svijet bogova).

Kad govorimo o važnosti Milećana u povijesti fizike moramo naglasiti da za njih bogovi više nemaju ništa s funkcioniranjem prirode. Oni su, poput čovjeka, i sami tek dio svijeta. Mnoge zamisli pripisane Milećanima jako nalikuju ranijim mitovima, ali se redovito razlikuju od mitskih obrazloženja po tome što izostavljaju svako pozivanje na nadnaravne sile. Dok Homer i Heziod često potrese i munje povezuju s bijesom Zeusa i Posejdona, ovi su filozofi iz svojih spekulacija o takvim i sličnim pojavama isključili svako pozivanje na volje božanstava, njihove ljubavi i mržnje, strasti i ostale kvazi-ljudske motive. Objašnjenja su posve naturalistička, posve isključuju bogove. Primjerice, objašnjenje pomrčina, koje ne zrcale osobni hir ili proizvoljnu volju bogova, već narav vatrenih prstenova (Anaksimander) ili nebeskih posuda i njihova vatrena sadržaja (Heraklit). Svijet filozofa, za razliku od svijeta Homera i Hezioda, je uređen, predvidljiv svijet u kojem se stvari ponašaju u skladu sa svojim naravima.

Druga je važna novost to što dok Homer i Heziod obično opisuju neki određeni zemljotres ili udar munje, ovi filozofi ne usmjeravaju pozornost na

neki primjer određene pojave, već na pojavu kao takvu, općenito. Njihova su istraživanja usmjerena na klase prirodnih pojava: poput pravih znanstvenika oni ne istražuju ono posebno i slučajno, već ono općenito i bitno. Traže univerzalno objašnjenje primjenljivo na potrese i pomrčine općenito.

4.3.3. Racionalnost i spoznatljivost prirode i izdvajanje razuma

Prirodne pojave nisu »ponašanje« božanstava, bića sličnih čovjeku po tome što posjeduju razum, volju i osjećaje, već očitovanje nepromjenljive zakonitosti. Takva općevrijedna pravila nemaju nikakve veze s osjećajima i voljom, ništa se u prirodi ne događa po nečijoj volji i osjećajima pa onda volja i osjećaji nemaju ništa s upoznavanjem prirode. Pravila pak spoznajemo razumom i stoga nam je jedino razum potreban da upoznamo prirodu. Spoznatljivost i racionalnost predmeta istraživanja i razum kao sredstvo spoznaje. Na ideju racionalnosti prirode ukazuje samo uvjerenje da je opazive pojave moguće objasniti nekim drugim zakonitim zbivanjima.

Uzor za pojam prirode se mogao naći u monoteističkim religijama Perzijanaca i Židova: jedan svemogući Bog je stvorio svijet i upravlja svijetom. Drukčija slika od one po kojoj bogovi čine svijet. Je li moguće otkriti na koji način taj bog vlada svijetom? No prije Milećana se redovito smatralo da to nije moguće, čovjek ne može proniknuti u red svijeta. Primjerice, takav stav nalazimo u Starom zavjetu i kod nekih grčkih pjesnika. Čini se da Milećani misle drukčije: svijet mora biti svijet reda, zakonolike pravilnosti, intelektualno zadovoljavajuća konstrukcija.

Uočavamo nastanak prakse racionalne rasprave, argumentacije i kritike. Zakoni prirode su spoznatljivi, a put do spoznaje prirode je mišljenje, razum: obrazlaganje tvrdnji, navođenje razloga za i protiv, uspoređivanje i kritika, iskustveni razlozi. Imamo dovoljno izvora koji pokazuju da su rani grčki filozofi međusobno poznavali i kritizirali ideje. Većina tih izvora potiče iz 5. st. pr. Kr. ili iz kasnijeg doba, ali možemo biti sigurni da ta tradicija kritiziranja i raspravljanja vuče podrijetlo od Milećana.

Usporedimo u tom smislu Milećane s ranijim misliocima. Neka od pitanja kojima se bave bliskoistočni ili ranogrčki mitovi su kako je nastao svijet, kako Sunce putuje oko Zemlje, što drži nebo. Svaki od mitova koji se bave nekom od tih tema neovisan je od drugih. Egipćani su primjerice imali različita vjerovanja o tome što drži nebo – potporni stupovi, bog, zidovi, ili da je nebo krava ili božica čije ruke i noge dodiruju zemlju. Kazivač bilo kojeg od tih mitova ne mora posvetiti pozornost drugim vjerovanjima o nebu i ne brine ga nedosljednost među njima, niti osjeća da se njegov prikaz natječe s drugima u smislu da bi mogao biti manje ili više ispravan ili imati bolje ili slabije temelje.

Kod ranih grčkih filozofa zapažamo fundamentalnu razliku. Mnogi su se bavili istim problemima i istraživali iste prirodne pojave, ali se pretpostavljalo da su različite teorije i objašnjenja koje su nudili izravni konkurenti. Poriv je naći najbolje objašnjenje, najprimjereniju teoriju, i stoga su prisiljeni da razmatraju temelje svojih zamisli, dokaze i argumente njima u prilog, kao i slabe točke protivničkih teorija.

Ta promjena probleme čovjeka u prirodi prevodi iz područja vjere i poetske intuicije u intelektualno područje. Postaje moguća kritička procjena svake teorije, a time i neprekidno ispitivanje naravi zbilje. Kosmogonski mit je izvan svake diskusije. On opisuje tijek svetih događaja, kojeg čovjek može prihvatiti ili odbaciti, ali on ne može postati dio napretka znanja. Mit zahtijeva da ga se prihvati, a ne da se opravdava pred kritikom.

4.3.4. Znanje kao vrednota

Uočavamo stav o znanju kao vrijednom samom po sebi, istraživanje zbog njega samog, a ne u službi države. To su ljudi koje njihove zajednice nisu postavile da se bave duhovnim stvarima. Oni su gonjeni vlastitom željom istraživali prirodu i nisu se ustručavali objaviti svoja otkrića. Njihova je radoznalost bila živa i nesputana dogmom. No takvo vrednovanje znanja je udaljilo filozofiju od praktičnih umijeća, tj. računa i tehnike.

Talesovo znanje je razvoj starobabilonskog i egipatskog naslijeđa. Međutim on i njegovi sljedbenici bili su prvi kojima nije stalo jedino do toga da svoje znanje stave u službu države i običnoga svakidašnjega života. Razmišljali su o podrijetlu i razvoju svijeta i života, tragali su za istinom radi nje same.

4.4. Mišljenje antičkih filozofa i historičara o tehnici

U drevnim civilizacijama Istoka znanje je bilo usmjereno na praktične ciljeve i svrhe. S druge strane, u grčkoj je filozofiji ono odvojeno od društvenih ili gospodarskih ciljeva. Takav intelektualni pothvat čistog istraživanja ne nalazimo niti kod jedne od drevnih hidrauličkih civilizacija.

Premda općenito vrijedi da su antički autori zainteresirani prije svega za razumijevanje prirode, a ne i za ovladavanje prirodom, ipak valja imati na umu razlike između različitih vrsta istraživača prirode. Mnogi su upućivali na korisnost znanja i na njegove praktične primjene. Ipak, dominantna ideologija među onima koji su se bavili istraživanjem prirode bila je život u čistom istraživanju i stoga ne iznenađuje da su Grci često propuštali razmotriti može li se teorijsko znanje praktično primijeniti. Baconov stav, da je cilj znanosti praktična korist, stran je antičkom svijetu.

Sami antički autori stalno ističu da je istraživanje prirode samo sebi nagrada. Znanje je vrijedno samo po sebi. Govore o radosti i prednostima učenog života. Platon i Aristotel se slažu da je da je traganje za znanjem samo sebi cilj te da je filozofija bitna za pravu sreću, što slijedi iz njihova poimanja ljudske duše: razum razlikuje čovjeka od životinje i uporaba tog sredstva je odlučujuća za pravu sreću, a istraživanje prirode otkriva ljepotu i sklad svemira.

Ipak, ne dijele svi takav stav. Mnogi su obični ljudi cijenili praktična umijeća: brodogradnju, rudarstvo, poljoprivredu, pomorstvo. Platon je

svjestan da iako on sam zastupa učenost zbog nje same, za mnoge je obične ljude važnija praktična korist od istraživanja. Stoga se često kao opravdanje izučavanja primjerice astronomije, geometrije i aritmetike, navode i praktične primjene i koristi. Mnogi su antički autori pisali tekstove o poljodjelstvu, arhitekturi, mehanici, tj. mehaničkim napravama, ratovanju i rudarstvu.

4.4.1. *Antibanauzija*

Grčki pojam banauza, ograničena dosadnjakovića, nije lako opisati. *Banauz* doslovno znači onaj tko sjedi na vignju, kovačkoj peći. Kao ograničeno i dosadno je na zlu glasu bilo sve što je svrhovito, što se zbivalo zbog novca, što se moralo raditi, što prekomjerno napinje. Kao banauz slovio je svaki nadničar, bilo seljak bilo obrtnik. No to da su Grci bili narod slatke dokolice je pomalo operetna predodžba. Kao u svakom razvijenijem društvu, i u njih je trgovački srednji sloj i stalež fizičkih radnika sačinjavao većinu pučanstva. Filozofi i atleti, šarlatani i ulični oriđinali bili su mala manjina o kojoj se, uglavnom, najviše govorilo, pa je time nastao privid da je i normalni Grk živio tako. Novčari i poduzetnici nisu smatrani banauzima, jer oni doista jedva da su išta radili. Privrženici sofista, barem većina njih, bi se i usred svoga divljenja stidjela biti isto što i oni. Liričari nisu smatrani banauzima, premda su pjesme stvarali po narudžbi i za novac, ali su neki među njima zarađivali toliko mnogo da se odvratnost prema njima pretvarala u poštovanje. Trajno podcijenjeni ostajali su kipari, kojih se rad držao osobito napornim. Prema doslovnom značenju riječi, tipični banauzi su ljevači i kamenoresci. Plutarh kaže: »Mi ljubimo lijepe mirise i grimiz, ali kuhače pomasti i bojadisare smatramo banauzima«. Isto po njemu vrijedi za umjetnike, čijim se djelima divimo. U Platonovom *Gorgiji* Kaliklo izjavljuje da su graditelji strojeva nedostojni, a biti nazvan *banausos* značilo je uvredu. Nitko ne bi za njeга udao svoju kćer.

4.4.2. »Slobodna umijeća«

Razlikovanje robova i slobodnih ljudi ustupilo je kasnije mjesto razlikovanju između tehničkoga i znanstvenoga, razlikovanju oblika znanja koje se obraća praktičnome i korisnome, nasuprot znanju koje se obraća kontemplaciji istine. Prijezir prema robovima, smatranim po naravi inferiornima, protegnut je na posao koji su obavljali. »Sedam slobodnih umijeća«, pojam oblikovan u doba kasne Rimske republike, je zvano slobodnima jer su to bila umijeća kojima su se bavili slobodni ljudi, nasuprot slugama ili robovima, koji su obavljali mehanički ili ručni rad. Prema Aristotelu i aristotelskoj tradiciji, jedino znanje koje ne služi vanjskim svrhama prođire u bit čovjeka. Premda su mehanička umijeća bila nužna za filozofiju i premda su otjelovljivala načela na kojima je ona bila utemeljena, ona su ipak smatrana inferiornim oblicima znanja, uronjenim u tvarni i osjetni svijet te povezanim s praktičnim i manuelnim.

4.4.3. Tales

Tales (oko 640. pr. Kr. – oko 560. pr. Kr.), za kojeg Aristotel u prvoj knjizi *Metafizike* kaže da je bio prvi koji nije pripovijedao mitove o bogovima, već se je u svojim prikazima oslanjao na iskustvo i dokaze, tj. tražio uzroke stvari, rođen je u Miletu u Joniji (današnja Turska), u imućnoj obitelji. Postojeći ga izvori opisuju kao geometra, astronoma i inženjera, čovjeka politički angažiranog i mudrog u državnim poslovima: predlagao je Jonskim gradovima da se udruže u federalnu državu kako bi se oduprli perzijskoj invaziji. Prijedlog nije prihvaćen i Perzijanci su uključili grčke gradove u svoje carstvo. Pripisuje mu se pretkazanje pomrčine Sunca 585. pr. Kr., ali izvori nisu pouzdani i gotovo je sigurno da grčka astronomska znanja tada nisu bila toliko razvijena. Pripisuje mu se i prijenos geometrije iz Egipta u Grčku te oslanjanje na Sjevernjaču kao vodiča pri plovidbi otvorenim morem. Spominju se njegovi poslovni pothvati poput unajmljivanja preša za masline u prikladnom trenutku na temelju razmatranja vremenskih prilika. Naposljetku, navodno je skrenuo (kanalom između meandara?) rijeku Halys (Kizil Irmak u današnjoj Turskoj) u Anatoliji i tako omogućio vojsci da ju prijeđe.

Slika Talesa koju nudi takav prikaz nije slika suvremenog filozofa. Začetnike grčke filozofije bjelodano ne smijemo smatrati čistim misliocima koje ne zanimaju praktični problemi poput kalendara ili navigacije. Treba pritom imati na umu kulturni ideal Grčke. Grci cijene i očekuju čovjekovu izvrsnost, *areté*, u različitim područjima. U našoj je kulturi takva višestrana izvrsnost sumnjiva, a cijeni se specijalizacija. Priznajemo izvrsnost u jednom području, a ostalo smatramo hobijima. No, takav nam stav onemogućuje da jasno sagledamo Talesa u kulturi koja ima vrijednosti drukčije od naših. Trudimo se vidjeti Talesa kao filozofa i to po našim mjerilima podrazumijeva da se nije mogao baviti ničim drugim. Skloni smo smatrati dostignuća koja se Talesu pripisuju – izum filozofije, razvoj matematike i astronomije, navigacije ... – grčkim mitom o nastanku nekih dragih stvari. Po svemu sudeći, Tales je bio inženjer dobro upućen u kroćenje rijeka.

4.4.4. Platon

Platon (pravim imenom Aristoklo, 427. pr. Kr. – 347 pr. Kr.), već u pravom smislu riječi filozof, strogo odvaja filozofiju – uključujući svjesno teorijsko istraživanje zakona prirode – od nižih djelatnosti, poput tehnike i umijeća. Platon se u *Državi* ruga ideji da bi geometriju ili astronomiju trebalo izučavati zbog praktičnih koristi za poljoprivredu, vođenje rata, plovidbu ili kalendar.

Lucije Mestrije Plutarh (46. – 120.) u djelu *Život Marcellusa* daje skicu rane povijesti mehanike, koju su, prema njemu, začeli Eudoks i Arhitas, te time navukli na sebe Platonov bijes:

[Platon] ih je žestoko napao kao kvaritelje i uništavače čiste izvrsnosti geometrije, koji su okrenuli leđa netjelesnim stvarima

apstraktne misli i spustili se do osjetilnih stvari, koristeći, štoviše, predmete koji zahtijevaju tako nedostojan i ručni rad. Iz tih je razloga mehanika bila posve odvojena od geometrije te je, budući da su je filozofi dugo ignorirali, bila smatrana jednim od vojnih umijeća.

4.4.5. Aristotel

Isto tako, glavnina Aristotelovih (384. pr. Kr. – 322. pr. Kr.) istraživanja nije ni od kakve koristi za inženjera, liječnika ili državnika. Priznavao je razliku između čistih i primijenjenih istraživanja, »spekulativnih filozofa« i »(medicinskih) praktičara«, no ograničio je svoja istraživanja na vlastiti interes za filozofiju prirode. Čak i kad je pisao o anatomiji ili biologiji, područjima u kojima su moguća korisna istraživanja primjenljiva u liječenju, usredotočio se na mjesto živih bića u racionalnoj kozmologiji. Slično tomu, njegova teorija gibanja je dio čisto teorijskih istraživanja i nije ni od kakve praktične koristi u tehničkim ili gospodarskim primjenama.

Aristotel jasno izražava svoj stav o odnosu znanosti i tehnike. Nakon što je čovječanstvo steklo potrebna praktična umijeća, dokoni, besposleni intelektualci se bave čistom znanosti: »Kad je sve [praktično] već bilo osigurano, otkrivene su one znanosti koje se ne bave niti nužnostima niti zadovoljstvima života, a to se je dogodilo ranije u onim područjima gdje su ljudi mogli biti u dokolici«. Motivacija za razvoj čiste znanosti je znatiželja: »Ljudi su se isprva počeli baviti filozofijom, kao što to čine i danas, zbog čuđenja. ... Stoga, ako su pribjegli filozofiji da bi se izvukli iz neznanja, očito je da se bave znanosti zbog samog znanja, a ne zbog korisnih primjena«. Aristotel je isključio »manuelne radnike« iz svojega popisa građana i smatrao je da se razlikuju od robova samo po tome što zadovoljavaju potrebama mnogih, dok robovi služe samo jednome gospodaru.

4.4.6. Plutarh

Jedan od klasičnih tekstova u kojem autor otvoreno izražava stav o relativnoj vrijednosti teorijskih i praktičnih istraživanja je već spomenuti Plutarhov *Život Marcellusa*. Plutarh opisuje kako su Arhimedovi mehanički izumi držali rimsku vojsku u šahu tijekom opsade Sirakuze 212. pr. Kr. i komentira teorijski i praktični aspekt Arhimedove genijalnosti. Prema Plutarhu:

[Arhimed] se nipošto nije posvetio [izgradnji naprava] kao poslu vrijednom ozbiljnoga truda, već je većina njih bila tek dodatak geometriji izveden za zabavu, jer je u prošlim danima kralj Hiero željno čeznuo i konačno ga uvjerio da svoje umijeće donekle okrene od apstraktnih pojmova prema tvarnim stvarima te da primjenjujući svoje umovanje donekle na svrhe koje se osjećaju, učini ga bjelodanim običnom umu.

Nakon nabiranja Arhimedovih inženjerskih postignuća, Plutarh zaključuje:

Pa ipak je Arhimed posjedovao toliko uzvišen duh, toliko duboku dušu i toliku dubinu teorijskog uvida, da, premda su mu izumi priskrbili slavu nadljudske mudrosti, nije pristao ostaviti nikakvu raspravu o tom predmetu, već je, smatrajući niskim i prostim djelo inženjera i svako umijeće koje služi životnim potrebama, posvetio svoje najveće napore samo onim izučavanjima na čiju istančanost i privlačnost ne utječu zahtjevi nužde ... I premda je došao do mnogih izvrsnih otkrića, zamolio je svoje prijatelje da na njegov grob stave valjak koji obuhvaća kuglu, s natpisom koji daje omjer u kojem sadržavajuće tijelo preseže sadržavano.

Valja uočiti da Plutarh ne citira izravno Arhimeda, već mu pripisuje neke stavove. Plutarh nije bio inženjer, već dobrostojeći građanin, učenjak zainteresiran za povijest i filozofiju, blizak platonizmu. Vjerojatno nije daleko od istine da je Arhimed iznad svega cijenio svoje matematičko djelo. Priča o Arhimedovoj želji za nadgrobni spomenik možda nije istinita, ali imamo li na umu njegova izvanredna matematička postignuća, ne bi nas trebalo iznenaditi da je htio biti upamćen upravo po njima.

S druge strane, kada Plutarh sugerira da je Arhimed otvoreno prezirao »svako umijeće koje služi životnim potrebama«, možemo posumnjati da tu izranjaju Plutarhove vlastite platoničke predrasude. Izvještaji koji povezuju Arhimeda s mehaničkim napravama poput po njemu nazvana vijka (naprave za podizanje vode za koju se kaže da ju je izumio tijekom posjete Egiptu) i složena koloturnika (učinkovitost koje je navodno pokazao sam vukući natovaren brod) su možda nakićeni, ali posve sigurno pokazuju da Arhimed nije bio zainteresiran samo za teorijsku stranu mehaničkih problema, već i za onu praktičnu. Arhimedova objavljena djela su apstraktna i filozofska, no čak i ako mnogo toga njemu pripisanog odbacimo kao legendu, on se je vjerojatno bavio inženjerskom tehnikom i praktičnim postignućima. Navodno je svoje poznavanje mehanike koristio u doba rata i u tom je smislu djelovao kao antički inženjer (*architecton*), kojeg je jedno od područja djelovanja bilo vojno inženjerstvo.

Plutarh je prilično sigurno pretjerao prikazujući Arhimedov prijezir prema inženjerstvu, ako ga i nije u cijelosti krivotvorio. Ipak je znakovito što takve stavove nalazimo u djelu *Život Marcellusa*, neovisno o tome pripadaju li više Plutarhu nego samom Arhimedu. U stavovima obrazovane elite kojoj pripada Plutarh općenito nalazimo kombinaciju prijezira prema životu inženjera i nepoznavanja njegova djela. Takav stav, kojeg su snažno podupirali Platon i Aristotel, prevladava među autorima iz svih razdoblja antike.

4.6. Aleksandrijska tradicija

4.6.1. *Promjena naravi matematike*

Milećani i promjena naravi matematike

4.6.2. *Pitagorejci i povezivanje filozofije, matematike i tehnike*

4.6.3. *Platon i geometrijski red prirode*

pitagorejci i povezivanje filozofije, matematike i tehnike
Platon i geometrijski red prirode, poticanje teorijske astronomije –
nastanak aleksandrijske tradicije.

Zašto »aleksandrijska«?

4.6.4. *Plodovi aleksandrijske tradicije*

Astronomija

»Teorijska« mehanika

Rasprave o tehnici (opisi naprava, rasprave o načelima funkcioniranja
mehaničkih naprava, obrazovanje i profesija inženjera)

5. Antička mehanika i rimska tehnika

5.1. Rasprave o mehanici

Osim onih povjesničara, filozofa i književnika koji su se odlučili komentirati djelo inženjera, rasprave o raznim aspektima mehanike su povremeno pisali i ljudi koji su imali barem neko izravno iskustvo u tom području. U tom smislu treba napose spomenuti četvoricu autora: Ktesib iz Aleksandrije (djelovao oko 270. pr. Kr.), Filon iz Bizantinuma (oko 200. pr. Kr.), Rimljanin Marko Vitruvije Pollio (? – oko 25. pr. Kr.) i Heron iz Aleksandrije (oko 60.). Svi su oni pisali o mehanici. Ktesibova je knjiga izgubljena, ali imamo dijelove Filonove tzv. *Mehaničke zbirke*, Vitruvijevo djelo *O arhitekturi* (*De architectura*) i razna Heronova djela na grčkom ili u prijevodu na arapski (npr. *O pneumatici*, *O artiljerijskim konstrukcijama* i *O konstrukciji automata*). Ta nam djela daju izravni uvid u život inženjera, okolnosti u kojima su radili, probleme koje su istraživali i naprave koje su ih zanimale. Važni izvori su također *Matematička zbirka* Papa iz Aleksandrije (početak 4. stoljeća) te Proklovo (5. st.) djelo *Komentar na prvu knjigu Euklidovih Elemenata*, koji se napose oslanja na djelo Gemina, matematičara i astronoma iz 1. st. pr. Kr.

Prva poznata i očuvana knjiga o statici, koja se tada nazivala »mehaničkom«, jesu *Mehanični problemi*. Vjerojatno su ju napisali Aristotelovi učenici ili sljedbenici u Aleksandriji, oko 300. pr. Kr. Pisana je u obliku pitanja i odgovora, uglavnom praktične naravi. Riječ »mehanika« je značila oruđe ili stroj. Mehanika je bila znanost o jednostavnim mehanizmima, u osnovi kojih je bila teorija poluge. U toj se raspravi prvi put spominje složeni koloturnik i zupčanici.

Vitruvije, arhitekt-inženjer u službi cara Augusta, je naš najvrjedniji izvor o profesiji kojoj je pripadao. Njegovo djelo *O arhitekturi* je očuvano, ali ilustracije nisu. O njegovu životu znamo malo. Djelo je bilo slavno i čitano kroz srednji vijek i u renesansi. Cardano ga u 16. st. ubraja među 12 najvećih mislioca svih vremena.

Vitruvijevo djelo pokazuje da je »arhitekt«, ili *architekton*, mogao biti odgovoran ne samo za planiranje i izgradnju zgrada ili čitavih gradova, već i za oblikovanje, izgradnju i održavanje raznih mehaničkih naprava, napose ratnih. Tako je Vitruvije bio zaposlen da popravlja i doraduje ratne strojeve carske vojske. Poput liječnika, arhitekti su često gorljivo nastojali postići poštovanje za svoj poziv. Vitruvije naglašava da bi osim tehničke izobrazbe arhitekt trebao imati, poput njega, opće obrazovanje iz filozofije i matematike. On također oštro poriče izučavanje »umijeća« iz koristoljubivih pobuda: »umjesto toga sam smatrao da prije treba ići za malo novca uz dobar ugled nego za bogatstvom uz sramotu«. Jasno izlaze na vidjelo teškoće s kojima se je arhitekt suočavao nastojeći naći zaposlenje, bilo kod bogatih pojedinaca, bilo u gradskoj službi. Profesija je bila vrlo kompetitivna i

Vitruvije govori o korupciji pri dodjeljivanju poslova. Stalno se ističe ovisnost arhitekta o pokrovitelju i upravo je jedan od glavnih motiva za pisanje djela *O arhitekturi* bilo nastojanje da se stekne Augustova milost.

U 9. knjizi pokazuje da je dobro upućen u grčku astronomiju i astrologiju. Ta je knjiga posvećena mjerenju vremena i sadrži nužni astronomski uvod.

U posljednjoj, 10. knjizi, razmatra se praktična mehanika. Govori o dizalicama i drugim strojevima koje su trebali oni arhitekti koji su bili i građevinski poduzetnici. Spominju se strojevi za dizanje vode, vodena kola i mlinovi, crpke, ratni strojevi. Izvori su mu bili helenistički mehaničari i sekundarna djela, poput Varonovog. Razmatra i »mehaničke probleme«, koji često nisu jasno formulirani.

Spominje odometar – napravu koja mjeri prijeđeni put – koji je prije opisao i Heron.

Istraživanje antičkih stavova prema mogućnosti primjene znanstvenoga znanja u praktične svrhe je vrlo teško i može nas zavesti na pretjerana pojednostavljenja. No barem neke od antičkih stavova o tom problemu možemo razjasniti na temelju očuvanih tekstova. Tema praktične korisnosti tehničkoga znanja je obrađivana tijekom 6., 5. i 4. st. pr. Kr. Nakon Aristotela se također često eksplicitno naglašava razlika između teorijskih i praktičnih istraživanja i različiti autori izražavaju svoje stavove o tome kako se znanje može korisno uporabiti. Ta su mjesta u antičkim tekstovima zanimljiva iz barem tri razloga:

- i) pokazuju što je sve smatrano mehanikom;
- ii) ukazuju na zamisao »korisnosti« znanja;
- iii) donose relativne procjene o tome što bi se trebalo smatrati »čistim«, a što »primijenjenim« znanstvenim istraživanjima.

Jedan od najpotpunijih nama dostupnih tekstova je iz djela *Matematička zbirka* Papa iz Aleksandrije (početak 4. stoljeća):

Izučavanje mehanike ... koje je korisno za mnoge važne stvari u životu, su filozofi s pravom smatrali dostojnim najvišeg odobravanja i njime su se revno bavili svi oni zainteresirani za matematiku...

Mehaničari povezani s Heronom kažu da mehanika ima teorijski i praktični dio. Teorijski dio čine geometrija, aritmetika, astronomija i fizika, a praktični dio kovinarstvo, graditeljstvo, drvodjeljstvo, slikarstvo i s njima povezane manuelne djelatnosti. Onaj tko je bio upućen u sve te grane znanja od djetinjstva i tko je u tim umijećima stekao vještinu i tko posjeduje svestranu narav će, kažu oni, biti najbolji izumitelj mehaničkih naprava i najbolji majstor (*architekton*). No tamo gdje jednom čovjeku nije moguće postići vrsnoću u tako mnogim granama matematike i u isto vrijeme naučiti spomenuta umijeća, oni čovjeku koja se želi upustiti u mehanički rad preporučuju da iskoristi one posebne vještine kojima je ovladao za svrhe za koje su one korisne.

Sa stajališta potreba života najnužnija mehanička umijeća su sljedeća. [1] Umijeće izrađivača koloturnika, koje su drevni nazivali mehaničarima. Pomoću svojih strojeva oni koriste manju silu za podizanje velikih težina protiv njihove prirodne sklonosti. [2] Umijeće

izrađivača naprava nužnih za ratovanje, jer su i oni nazivani mehaničarima. Kameni, metalni i drugi projektili se katapultima koje oni grade mogu izbacivati na velike udaljenosti. [3] Umijeće graditelja strojeva u užem smislu. Pomoću naprava za podizanje vode koje oni grade voda se može lako podizati s velikih dubina. [4] Stari su i čudotvorce nazivali mehaničarima. Neki od njih su izumili pneumatske naprave, poput Herona u *Pneumatici*, drugi su, čini se, oponašali gibanja živih bića pomoću tetiva i konopaca, kao što je Heron činio u *Automata* i *O vagama*, daljnji su pak koristili plutajuće predmete, poput Arhimeda u djelu *O plutajućim tijelima*, ili vodene satove, poput Herona u djelu *O vodenim satovima*, što je bjelodano povezano s izučavanjem gnomona [sunčana ura]. [5] Oni također mehaničarima nazivaju one koji su vješti u izradi sfera, koji izrađuju modele neba pomoću jednolikog kružnog gibanja vode.

Sličnu tradiciju nalazimo u Proklovom djelu *Komentar na prvu knjigu Euklidovih Elemenata*, koji se napose oslanja na djelo Gemina, matematičara i astronoma iz 1. st. pr. Kr. Proklo mehaniku definira kao onaj dio »izučavanja tvornih predmeta dostupnih osjetilima« koji uključuje (1) proizvodnju strojeva korisnih u ratovanju, (2) proizvodnju čudesnih naprava zasnovanih na strujanju zraka, težinama i konopcima, (3) izučavanje ravnoteže i središta teže, (4) konstrukciju sfera te (5) »općenito čitavu stvar gibanja tvornih tijela«.

Važno je uočiti da oba navedena popisa na visoko mjesto stavljaju oblikovanje i izrađivanje oružja i ratnih oruđa i to je, ustvari, bilo jedno od glavnih područja u kojima su mehaničke ideje bile razvijane i primjenjivane u helenističkom razdoblju.

Možda još više iznenađuje navođenje »proizvodnje čudesnih naprava«, koje, primjerice, oponašaju gibanja živih bića. Kad Pap uključuje to među »najnužnije« grane mehanike, sa stajališta praktične koristi, očigledno je da je njegovo shvaćanje praktične koristi vrlo široko: »korisnost« tih naprava je u njihovoj vrijednosti po razonodu ili u tome što se koriste za stvaranje »čudesnih« učinaka u službi religije.

Oba autora kao posebnu granu mehanike spominju izradu »sfera« koje prikazuju gibanja nebeskih tijela, poput one koju je izradio Arhimed. »Praktična korist« je bjelodano uključivala i naprave korisne za izučavanje astronomije.

5.2. Postignuća antičke mehanike

Od pet glavnih jednostavnih strojeva poznatih u antičkom svijetu, četiri su – poluga, koloturnik (čini se da je neka vrsta koloturnika rabljena u Asiriji, Mezopotamija, oko 1500. pr. Kr.), klin i vitao (vitlo, čekrk, ručna naprava za namatanje bunarskog užeta ili lanca, naprava koja se sastoji od kola i vretena, a služi za podizanje tereta) – do kraja 4. st. pr. Kr. već dugo

bila u uporabi. No peti – vijak – je, koliko znamo, novina koja se javlja u 3. st. pr. Kr. Tijekom antike tehnika nije stagnirala. Napredak je postignut u vojnoj tehnici, ali i u poljodjelstvu i u tehnikama obrade hrane (npr. mlinovi). Tijekom tog perioda su izumljene sljedeće važne mehaničke naprave:

- i) vijak i tijesak s vijkom (Arhimed?),
- ii) složeni koloturnik, dizalice (Arhimed?),
- iii) zupčanici (diferencijal?),
- iv) crpka, štrcaljka
- v) vodenica,
- vi) katapult,
- vii) naprave za razonodu,
- viii) modeli neba
- ix) radilica.

Praktične mogućnosti helenističke mehaničke tradicije se vide u djelima Ktesiba, Filona i Herona. Na temelju svog poznavanja težine i pneumatike ti su ljudi načinili genijalne mehaničke naprave, često u kategoriji »čudesnih strojeva«, koji mogu sami otvoriti vrata hrama ili izliti žrtvu lijevanicu, ali kojih je svrha bila pobuditi strahopoštovanje i čuđenje, a ne doprinjeti gospodarskom napretku. Heron je primjerice uspio zavrtiti kuglu rabeći vatru i paru, ali nitko u antici nije razmišljao o praktičnom parnom stroju. Naprosto, izučavanje mehanike u Aleksandriji je bilo, poput ostalih znanosti, gotovo posve odvojeno od šireg svijeta antičke tehnike.

Antički autori koji su pisali o mehanici doticali su se mnogih problema i opisali su veliko mnoštvo mehaničkih naprava. Obično nije moguće odrediti koliko neki posebni izum ili tehnički razvoj duguje nekom pojedinačnom teoretičaru, premda se mnoge naprave, uključujući crpku, vodeni sat i poboljšanja katapulta, pripisuju Ktesibu. Nedvojbeno su u mnogim slučajevima mnogo važniji tehnički napretci bili djelo obrtnika koji su bili malo ili nimalo zainteresirani za teorijske probleme. No autori koji su pisali o mehanici nisu samo opisali neke složene naprave, već su raspravljali o mehaničnim načelima na kojima se one temelje i povremeno ukazuju na svjesna istraživanja poduzeta s ciljem nalaženja optimalnog rješenja nekog praktičnog problema.

5.2.1. Katapult

Jedno od glavnih područja u kojem je tehnički napredak postignut putem primjene mehaničnih načela je ratovanje, gdje tekstove nadopunjuju materijalni ostatci antičkih oružja. Arhimed, koji je umro 212. pr. Kr. tijekom obrane rodnog grada Sirakuze od Rimljana, je postao legendaran po svom tehničkom umijeću konstrukcije ratnih strojeva i pripisuju mu se mnoge ratne sprave (parabolična zrcala za paljenje brodova, Arhimedova kandža...), ali nema valjanih dokaza da su uistinu bile izrađene i korištene.

Glavne crte povijesti razvoja artiljerije u antičkom svijetu je istražio E. W. Marsden, koji je pokazao kako su, počevši od modifikacija običnoga luka, bila smišljena sve djelotvornija oružja, napose ona temeljena na torziji (snaga spleta zasukanih konopaca). Rekonstrukcije nekih od antičkih oružja

omogućile su mu da procijeni granice njihove učinkovitosti. Zaključio je da je krajnji efektivni doseg katapulte bio oko 350 metara. Napredak je bio relativno brz tijekom nekih 150 godina od početka 4. stoljeća (koliko znamo, artiljerija je u opsadi prvi put korištena kod Motoje, 397. pr. Kr.), a poboljšanja se opažaju sve do 1. stoljeća. Jedan Filonov tekst nam pomaže da objasnimo dijelove tog razvoja. Filon kaže da su inženjerska istraživanja plaćali Ptolomejevići u Egiptu i ukazuje na narav tih istraživanja:

Neki od starih su otkrili da je promjer [kružnice koju poprima zasukani splet] temeljni element, načelo i mjera u izgradnji artiljerije. No bilo je nužno odrediti taj promjer ne naprosto slučajno, već nekim određenim postupkom pomoću kojeg se mogu odrediti i razmjerne mjere ostalih veličina [na napravi]. Ali to se nije moglo učiniti drukčije do povećavajući ili smanjujući promjer i iskušavajući rezultat. Drevni nisu uspjeli odrediti tu veličinu pokušajem, jer njihovi pokušaji nisu bili izvedeni na temelju mnoštva različitih vrsta izvedbe, već samo u svezi s zahtijevanom izvedbom. No kasniji su inženjeri uočili pogreške svojih prethodnika i rezultate kasnijih pokusa te su sveli načeo izgradnje na jedan jedini temeljni element, tj. promjer kružnice koju poprima zasukani splet. U tome su nedavno uspjeli inženjeri iz Aleksandrije, koje su znatno podupirali kraljevi željni slave i blagonakloni prema umijećima i vještinama. Jer, bjelodano je da do potpunog rješenja uključenih problema nije moguće doći samo na temelju razuma i metoda mehanike, i da se do mnogih otkrića može doći samo na temelju pokušaja.

Gornji tekst jasno pokazuje da su »stari«, povremeno, priznavali potrebu izvođenja sustavnih testiranja u svrhu izoliranja relevantnih varijabli i određivanja njihovih odnosa. Filon odbacuje i jednostavni pristup putem pokušaja i promašaja i apriorni dogmatizam u korist metode kontroliranih pokusa. Iskušavanje u svrhu postizanja željene izvedbe ne iznosi na vidjelo načela djelovanja. Isto tako, do rješenja se ne može doći naprosto »putem razuma i metoda mehanike«.

Dobar primjer je antički torzijski katapult. Razvoj oružja nije novost u antici i postojalo je nešto nalik tehničkoj utrci u naoružanju između obrtnika i njihovih pokrovitelja da se izgradi najveći brod na vesla. Filip II. Makedonski i grčki kraljevi u Sirakuzi, Rodosu i drugdje, su podupirali programe razvoja i poboljšanja katapulte i raznih drugih balističkih strojeva. U Aleksandriji su provedena istančana inženjerska istraživanja u obliku sustavnih testiranja, koja je sponzorirao vladar, a s ciljem identificiranja varijabli koje imaju učinka na funkcioniranje katapulte i izgradnje najučinkovitijeg katapulte.

No premda mehanička tradicija u Aleksandriji nije bila onoliko »filozofska« koliko se nekad mislilo, moramo biti oprezni prema stavu da su istraživanja katapulte bila »antička primijenjena znanost«. Uglavnom, čini se da su istraživanja bila posve iskustvena. Vjerojatno su ih provodili znanstvenici-inženjeri, ali bez primjene bilo kakve znanstvene teorije ili korištenja teorijskih znanja. Nakon desetljeća strpljivih napora i bilježenja znanstvenici-inženjeri u Aleksandriji su došli do praktične i matematički

egzaktne »formule katapulte«, koja je sadržavala treći korijen i davala optimalne dimenzije za bilo koji balistički stroj i njegov projektil. Pomoću te formule je Arhimed navodno izgradio najveći katapult za izbacivanje kamena. No formula je bila naprosto iskustveno pravilo izraženo matematički. Razvoj katapulte je bio rezultat inženjerskog istraživanja, prije nego primijenjene znanosti.

5.2.2. Vijak

Vojna je tehnika iz očiglednih razloga ponekad privlačila zamašnu državnu potporu. No domišljatost grčkih inženjera se očituje i u drugim područjima, u mnogim drugim napravama različite uporabivosti i korisnosti.

Vijak je, primjerice, novina koja se javlja u 3. st. pr. Kr. Jedna od prvih primjena, a možda i prva, je već spomenuta naprava za podizanje vode poznata kao »Arhimedov vijak«, korišten za dizanje vode iz kanala ili za izbacivanje vode iz broda. Bez obzira na to prihvaćamo li tradiciju da je sam Arhimed odgovoran za taj izum ili da je poboljšao vijak koji je već bio u uporabi u Egiptu i Mezopotamiji ili nešto treće, treba naglasiti da vijak, daleko više od bilo kojeg drugog jednostavnog stroja, ovisi o razradi i primjeni matematičke konstrukcije.

Druga važna primjena vijka je tijesak s vijkom. Najjednostavniji tijesak za ulje ili vino sastojao se od poluge ili grede koja je izravno pritiskana. Ta je naprava najprije modificirana pomoću različitih mehanizama, poput konopca koji prelazi preko valjka, ili vijka, da bi se pojačao pritisak na kraj poluge. Tada dolazi na red tijesak s vijkom u pravom smislu, u kojem se ne pritiska neizravno na kraj grede, već izravno na vrh samog tijeska pomoću vijka ili para vijaka. Plinije, pišući oko 75. godine, kaže da je takav tijesak uveden »unatrag posljednje 22 godine«, premda na neke vrste tijesaka s vijkom upućuje već Vitruvije oko 25. pr. Kr. Potanki prikaz tijeska s dva vijka je dao Heron (*O mehanici*), koji je koristio vijak u mnogim svojim napravama i koji je prvi opisao napravu za narezivanje vijaka.

5.2.3. Crpka, vatrogasna štrcaljka i vodeni satovi

Ostale korisne naprave u mehaničkim tekstovima uključuju niz drugih uređaja za dizanje vode, dizalice, zemljomjerske instrumente i satove. Među napravama za podizanje vode koje opisuje Vitruvije nalazimo jednu koju on pripisuje Ktesibu: ona je poznata kao »vatrogasni stroj«, prema činjenici da ju Heron opisuje kao »sifon korišten u požarima«. To je dvostruka sisaljka koja uključuje sustav ventila, cilindara i klipova. Bez obzira na to je li ta naprava ikad uistinu korištena za gašenje požara, arheološki nalazi potvrđuju korištenje ventila i klipova u običnim crpkama za vodu u antici i nemamo nikakvih razloga da sumnjamo u Ktesibov interes za uključena načela. Čini se da je korištena u vatrogasnim postrojbama u Rimu, ali ne i drugdje. S propašću Rima nestali su veliki gradovi i vatrogasna je štrcaljka iznova izumljena krajem 15. st.

Vitruvije nam također kaže da je Ktesib bio jedan od prvih koji su istraživali načela konstruiranja vodenih satova. Pripisuje mu neke vodene satove i različite naprave pomoću kojih se duljina sata mogla prilagoditi prema godišnjem dobu (u antici sat nije bio apsolutna jedinica vremena, već podjela perioda sisanja Sunca).

Vodeni satovi su u antici bili standardno sredstvo mjerenja vremena. U Ateni su pronađeni ostatci gradskog sata napravljenog oko 350. pr. Kr. U Ktesibovu satu je istjecanje vode, precizno upravljano pipcima, pokretalo svakovrsne automate, pa su u njima zvonila zvonca, gibale se lutke i cvrkutale ptice.

5.2.4. Naprave za rasonodu

Dosad razmatrane naprave su bile oblikovane za neke praktične svrhe, no mnoge su druge bile izmišljene za čistu rasonodu. Kao što smo vidjeli, i Pap i Proklo smatraju smišljanje čudesnih naprava posebnom granom mehanike i to odgovara stavovima izražanim u ranijim mehaničkim tekstovima. Tako u uvodu u *Pneumatiku* Heron razlikuje uređaje koji zadovoljavaju potrebe života i one koji izazivaju čuđenje. Mnoge od njegovih primjena načela pneumatike spadaju u drugu kategoriju.

Heron opisuje više od dvadeset naprava izrađenih od tajnih posuda te povezanih cijevi i sifona, koje omogućuju neobične učinke. Veći broj takvih naprava je izrađen za korištenje u vjerske svrhe. Jedna od opisanih naprava koristi širenje zraka pri zagrijavanju: kipovi postavljeni na šuplji oltar lijevaju žrtvu lijevanicu kad se na oltaru zapali vatra (zbog vatre se zrak u oltaru širi i tjera tekućinu kroz cijevi skrivene u kipovima). Širenje zraka pri zagrijavanju koristi i naprava koja otvara i zatvara vrata hrama kad se zapali vatra na oltaru. Neke druge naprave koriste snagu pare. Aristotel je, primjerice, primijetio (*O nebu*): »kad se tekućina pretvara u paru, posude koje ju sadrže se rasprsnu zbog nedostatka prostora«. Najpoznatija naprava te vrste je igračka opisana u *Pneumatici*: šuplja kugla na koju su učvršćene savijene cijevi vrti se na stožerima iznad kotla u kojem se grije voda.

Konačno, najrazrađenija igračka bilo je »automatsko kazalište«, koje Heron opisuje u istoimenoj raspravi (pokreće ga uteg koji se spušta u posudu punjenu sjemenkama gorušice koje istječu kroz rupicu, što određuje brzinu spuštanja utega).

5.2.5. Heronov »parni stroj«

Često se spominje da ljudi antike nisu uspjeli iskoristiti snagu pare. Vidjeli smo da je Heron opisao kuglu koja se vrti na stožerima (*eolipilom*, »vjetrena kugla«), pogonjena parom koja izlazi iz savijenih cijevi učvršćenih na nju. Na toj se pojavi temelji suvremena parna turbina.

Suvremena rekonstrukcija dala je 1500 okretaja u minuti, ali je pokazala i probleme, napose na spoju parovoda i kugle: labavi spoj propušta

puno pare, a tijesni spoj daje veliko trenje. Procjena je da iskoristivost energije takva stroja iznosi oko 1%.

Neki historičari smatraju da se je ta energija mogla i bolje iskoristiti raspoloživim metodama: postojali su cilindri i klipovi, razvodni mehanizam, sferične komore prikladne za visokotlačnu paru. Objedinjavanje tih elemenata, uz neke dodatke, moglo je dati djelotvoran parni stroj.

Drugi pak smatraju da je apsurdno tvrditi da su svi elementi parnog stroja potencijalno nazočni u toj igrački. Korištenje pare ovisi, između ostaloga, o mogućnosti pouzdanog lijevanja velikih metalnih cilindara i postizanja dovoljno malih razmaka između klipa i cilindra, da para ne izlazi van, te o djelotvornom pretvaranju pravocrtnog gibanja u kružno. Problemi koje je trebalo prevladati da bi se načinio djelotvoran parni stroj su golemi i tek nakon dugog i složenog razvoja je krajem 18. stoljeća izgrađen parni stroj snage veće od 10 ks.

5.2.6. Prva »pruga«

Najslavnija je antička pruga bila Dioklos, koja se pružala sedamdesetak kilometara preko Korintske prevlake u Grčkoj. Vjerojatno ju je izgradio korintski tiranin Periander početkom 6. st. pr. Kr., a ostala je u funkciji sve do 900. To je bila pruga popločana vapnenačkim blokovima u koje su bile urezane dvije paralelne brazde razmaknute 1,5 m i namijenjene vođenju kotača transportnih vozila. Po toj su pruži posade i robovi na velikim kolskim platformama gurali malene ratne brodove i prazne trgovačke brodove. Godine 1961. iskopani su i ostaci mehaničkog uređaja za podizanje brodova na platforme.

Čini se da je s prestankom rada Dioklosa bila zaboravljena i sama ideja pruge. Moderna se željeznica razvila iz srednjovjekovnih rudničkih uređaja, jer su od 14. st. nadalje kolica natovarena iskopinom na površinu izvozili po tračnicama.

5.2.7. Modeli gibanja nebeskih tijela

U djelu *Matematička zbirka* Pap iz Aleksandrije (početak 4. stoljeća), kao što smo vidjeli, među »sa stajališta potreba života najnužnija mehanička umijeća« ubraja i vještinu u izradi »sfera« – modela neba.

Slično nalazimo u Proklovom (5. stoljeće) djelu *Komentar na prvu knjigu Euklidovih Elemenata*, koji kaže da mehanika uključuje, između ostaloga, »konstrukciju sfera«.

Oba autora kao posebnu granu mehanike spominju izradu »sfera« koje prikazuju gibanja nebeskih tijela, poput one koju je, navodno, izradio Arhimed. »Praktična korist« je bjelodano uključivala i naprave korisne za izučavanje astronomije.

Ciceron (106. pr. Kr. – 43. pr. Kr.) u jednom pismu svom prijatelju i učitelju Posidoniju piše kako je »nedavno napravio globus koji svojim okretanjem pokazuje gibanje Sunca, zvijezda i planeta, kako danju, tako i

noću, i to baš onako kako se pojavljuju na nebu«. Osim toga je napisao kako je Arhimed smislio jedan raniji model koji je »oponašao gibanje nebeskih tijela«.

Čini se da su ostaci jedne takve naprave otkriveni u olupini broda iz 1. st. pr. Kr., nađenoj 1900. godine kraj otočića Antikythera, sjeverozapadno od Krete. Nađeno je mnoštvo brončanih zupčanika, od kojih su neki na sebi imali natpise. Fragmente je pomno proučavao Derek de Solla Price, sa Sveučilišta Yale, dvadeset godina, počevši od 1951., koristeći, između ostaloga, rendgenske snimke, što mu je omogućilo da na temelju fragmenata rekonstruira napravu. Rekonstrukcija pokazuje da se radi o računalu za određivanje dana po solarnom i lunarnom kalendaru. Jedan okretaj glavnog kotača odgovarao je jednoj solarnoj godini, a manju su kotači pokazivali položaj Sunca i Mjeseca, kao i dizanje najvažnijih zvijezda. Sporno je je li sadržavao diferencijal.

Slični su, premda manje složeni mehanizmi, bili poznati u islamskom svijetu oko 1050. godine, a oni su preteče astronomskih satova srednjovjekovne Europe.

5.2.8. Orgulje

Ktesib je izradio prvo glazbalo s klavijaturom, malene orgulje na stlačeni zrak – uvećana i mehanizirana verzija Panove frule, red svirala od trske posloženih u red.

Orgulje je usavršio Heron, sada pokretane vjetrom, a opisao ih je, s kasnijim poboljšanjima, Vitruvije. to su bile rimske vodene orgulje (*hydraulis*) u obliku u kojem su se proširile rimskim svijetom.

U ovom glazbalu je ključan zrak koji dolazi iz crpke (u Heronovu slučaju iz minijaturene vjetrenjače). Zrak se upuhivao u komoru, preokrenutu metanu zdjelu uronjenu u vodu. Rast tlaka zraka je iz komore istiskivao vodu te tako podizao njezinu razinu u bazenu oko zdjele, a ostatak zraka bi po potrebi odlazio u bateriju cijevi iznad bazena. Između pojedinih stapaja pumpe se tlak zraka u zdjeli održavao tlakom vode.

5.2.9. Vjetrenjača

Heron (1. st.) je koristio malu vjetrenjaču za pokretanje orgulja, no nema nikakvih dokaza da je u antici vjetrenjača korištena u bilo koju drugu svrhu.

5.2.10. Kardanski zglob

Koncentrični pokretljivi ležajevi, koristi ih Filon u svojoj tintarnici iz koje se tinta ne izljuje. Naprava je nazvana »kardanskim« zglobom prema Jeromeu Cardanu, koji ju je mnogo kasnije opisao. Korišten je u Kini u 2. st. te u 13. st. u Europi za nošenje kadionice (moguće i neovisno izumljen).

Godine 1546. su Španjolci postavili kompas u kardanski zglob, tako da je unatoč ljuljanju broda ostajao u istom položaju.

5.3. Teorijska mehanika

Helenistički su se znanstvenici bavili mehanikom u teorijskim raspravama o mehanici i mehaničkim umijećima. Arhimed (Sirakuza na Siciliji, 287. pr. Kr. – 212. pr. Kr.) je, primjerice, razradio mehanička načela jednostavnih strojeva: poluge, klina, vijka, koloturnika i vitla. Kroz analizu ravnoteže, uključujući hidrostatsku ravnotežu, artikulirana je matematička i teorijska znanost o težinama.

Arhimed je kombinirao Aristotelovu aksiomatiku i sklonost matematici. Znamo da je posjetio Aleksandriji i da se dopisivao s Eratostenom, ali je većinu život proveo u Sirakuzi. Zanimao se za aritmetiku i geometriju, optiku, statiku i hidrodinamiku, astronomiju i inženjerstvo. Glavni su mu rezultati vezani uz zakon poluge, težište tijela te zakon plutanja.

Njegov pristup nekim problemima mehanike je geometrijski. Najbolji su primjeri statika i hidrodinamika, gdje je njegov rad opet veoma originalan. Prvi je sistematizirao i dokazao temeljne teoreme statike u knjizi *O ravnoteži ravnina*, dok u hidrostatici, koliko znamo, uopće nema prethodnika. O tome raspravlja u knjizi *O plutajućim tijelima*.

Znanost o težinama, ili o ravnoteži, je treće područje, pored optike i astronomije, u kojem je u helenističko doba provedena matematička analiza. Tu je redukcija fizike na matematiku izvedena gotovo posve, za razliku od astronomije i optike. Glavni je problem bio opisati ponašanje poluge, konkretnije uvjete pod kojima je poluga u ravnoteži (težine obrnuto razmjerne udaljenostima od točke upora).

Djelovanje poluge bilo je odavno poznato, ali ne i matematički opisano. Djelovanje poluge razmatrali su Aristotelovi učenici. Njihov je pristup kvalitativan. Krakovi poluge različitih duljina opisuju oko uporišta lukove različitih polumjera. Luk većega polumjera je gibanje bliže prirodnom gibanju, za koje je stoga potrebna manja sila. Težine su stoga u ravnoteži ako su obrnuto razmjerne njihovim udaljenostima od uporišta. Dokaz je kvalitativan i spekulativan.

Aristotelijanci su dali dinamički dokaz, statički daje Arhimed. Svodi problem na geometrijski problem. Osim tvrdnje da razmatrane težine imaju težinu, druga se fizična razmatranja ne pojavljuju u dokazu. Poluga postaje dužina bez težine, trenje se zanemaruje, težine se smatraju točkastima i djeluju okomito na polugu. Dokaz zasnovan na tim pretpostavkama je po formi euklidski. Mnoge su odlike poluge otprije bile poznate. Novost je strog deduktivni dokaz temeljnih tvrdnji statike. U raspravi o statici *O ravnoteži ravnina* Arhimed polazi od sedam postulata na temelju kojih se dokazuju propozicije. Konačno se dokazuje zakon poluge. U ostatku djela razmatra probleme određivanja središta mase različitih likova poput paralelograma,

trokuta i sl. Bavi se statičkim problemima formuliranim pomoću idealnih, matematičkih termina, za razliku od stalnog upućivanja na iskustvo u starijem djelu *O mehanici*. Trenje, težina poluge, različiti drugi fizički faktori su isključeni iz razmatranja. Čitava je rasprava primjer deduktivnog dokazivanja i model primjene matematike u fizici.

Arhimed nastoji početi od iskustveno provjerenih »aksioma« i dokazivati pomoću njih teoreme, primjerice zakon poluge:

- i) jednaki tereti na jednakim udaljenostima su u ravnoteži, dok na nejednakim udaljenostima nisu u ravnoteži, već preteže onaj teret koji je na većoj udaljenosti
- ii) ako se teretima koji su u ravnoteži na jednoj strani pridoda neki teret, tada oni nisu u ravnoteži, već će prevagnuti onaj teret kojem je pridodan neki teret
- iii) ako se teretima koji su u ravnoteži na jednoj strani oduzme dio tereta, tada oni nisu u ravnoteži, već će prevagnuti onaj teret kojem ništa nije oduzeto

Polazeći od tih aksioma i rabeći mjerenja dokazuje da su tereti na poluzi u ravnoteži ako se nalaze na udaljenostima od uporišta koje su obrnuto razmjerne njihovim težinama. Koristi mjerenja i logističke pojmove (»toliko koliko«), daje kvantitativne zaključke.

Bestežinsku motku dugu 4 jedinice učvrstimo u sredini. Po jednu od tri jedinice težine postavimo na krajeve motke i na sredinu. Taj je sustav u ravnoteži. Razmotrimo sada samo desnu polovicu. Ravnoteža ostaje ako se težine s krajeva te polovice postave u njezino središte. To znači da jedna jedinica težine koja je dvije jedinice dužine od uporišta podržava dvije jedinice težine koje su smještene jednu jedinicu dužine od uporišta. Uočimo razliku: Aristotel zakon poluge izvodi iz svojih načela kvalitativno. Arhimed pak neprestano rabi kvantitativne iznose: četiri jedinice dužine, tri jedinice dužine i sl. Tako je zakon poluge matematiziran.

5.4. Rimljani

Rimljani su bili najveći tehničari i inženjeri antičkoga svijeta i neki čak kažu da je sama rimska civilizacija jedno veliko tehničko postignuće. Činjenica da je Rim dao nama poznate inženjere, od kojih su neki pisali knjige (što uopće nije bilo uobičajeno za inženjere), poput Vitruvija i Frontina (35. – 103.) sama po sebi svjedoči o važnosti inženjerstva i tehnike za rimsku civilizaciju, i obratno. Građene su popločene ceste, javne zgrade, sportski kompleksi i akvadukti. U tom periodu nije bilo revolucionarnih inovacija u tehnici, ali su postojeća umijeća i naprave razvijena i poboljšana za uporabu u velikim razmjerima. Rimljani su bili veliki improvizatori, bitno su poboljšali postojeću tehniku, ali su dali tek rijetke nove izume. U prvim stoljećima pr. Kr. i početkom novog doba je rimska vojna i politička moć zavládala čitavim

Mediterranom i većim dijelom helenističkog svijeta na istoku, dok je Mezopotamija ostala izvan njezina dosega. Rimsko je carstvo izraslo na nekoliko ključnih tehnika:

- i) Vojne i pomorske tehnike su dale disciplinirane rimske legije i mornaricu.
- ii) Sustav cesta i akvadukata je pružio temeljnu infrastrukturu.
- iii) Umješnost i istančanost Rimljana u pravu se također može smatrati društvenom tehnikom od velike važnosti za vladanje carstvom.
- iv) Manje uzvišen izum, ali ne i manje važan za rimsku civilizaciju, je cement, koji je bio ključna nova tehnika koju su uveli Rimljani, a koja je gradnju od kamena učinila mnogo jednostavnijom i jeftinijom, što je doslovno zacementiralo širenje Rimskoga carstva.

Dok je rimska tehnika cvjetala, rimske znanosti gotovo da i nema. Vrlo je malo djela prevedeno s grčkog. Rimljani nisu cijenili grčku matematiku, znanosti i učenost u cjelini. Rim nije dao znanstvenike. To zbunjuje one koji smatraju da su znanost i tehnika uvijek i nužno povezane.

U doba nakon Aleksandrove smrti, nakon otprilike 300. pr. Kr., dolazi do uspona Rima, najprije republike, a potom carstva, koji je bio vladajuća sredozemna civilizacija do otprilike kraja 5. stoljeća. Rimsko je carstvo podijeljeno u 4. st. Vizigoti su prvi put poharali Rim 410. Drugi su Germani svrgnuli posljednjeg cara 476., što se uzima za kraj Zapadnog rimskog carstva.

Za našu je svrhu važno naglasiti neke temeljne odlike rimskoga društva.

Rimljani su bili nadareni i snažni poput Grka, ali trezveniji, discipliniraniji, s instinktom za državu i s velikom sposobnošću za trajna djela na području politike i prava. Rimljani su se proslavili vještinom izgradnje države i prava. Neki povjesničari smatraju da se bit Rima može najbolje može okarakterizirati predodžbom »seljačkoga« naroda:

- Seljačka je trezvenost kojom se vodi borba za život. Djeci se daju imena po rednom broju. U obiteljskim imenima nema uljepšavanja niti veličanstva. Općenito se u vlastitim imenima pokazuje sva rimska trijeznost i oskudnost mašte. Također, polovica imena mjeseca puki su brojevi: septembar, oktobar, novembar, decembar, *quinctilus*, koji je po Cezaru nazvan jul, te *sextilis*, po Augustu nazvan august.
- Seljačko je poštovanje pravednosti, umjerenosti i postojanosti, strahopoštovanje prema običajnom i pisanom pravu i zakonima, sklonost ugovorima i zakonima.
- Seljačka je uskost koja se zadržava u tradicionalnim i naslijeđenim shvaćanjima. Rim nije bio dorastao mašti i brzini u odlučivanju nekih svojih neprijatelja, ali je pobjeđivao zahvaljujući seljačkom strpljenju, ustrajnosti i žilavosti.
- Seljačka je religija, bogovi koji pomažu u obrađivanju zemlje i obrani seljaka od neprijatelja.
- Seljačka je hrabrost ratnika koji se bore s oduševljenjem i odgovornošću, ali bez zanosa, neumjerenosti i viteškog patosa koje očituju grčki junaci. Seljačka je, nasuprot Homerovim junacima,

odvratnost prema ratu, koji samo oduzima vrijeme i snagu za obradu zemlje. Hrabrost rimskih seljaka nije rezultat žudnje za borbom koju očituju junaci iz Ilijade. Rim je vanjsku politiku radije vodio ugovorima i savezima nego mačem. Diplomati i pravnik su za veličinu Rima važniji nego ratnici. U rat se nije moglo bez valjane pravne osnove. Bio je dozvoljen samo »pravedan« rat, što se promijenilo tek početkom punskih ratova.

- Seljačka je apsolutna vlast oca obitelji nad kućanstvom i ukućanima. *Patria potestas* obuhvaćala je pravo nad životom i smrću žene, djeteta i ukućana. Čak je i odrasli sin mogao pravno valjane poslove sklapati isključivo preko oca. Domaćici se ukazivalo veliko poštovanje, ali je tom osjećaju nedostajalo srdačnosti; muž je u njoj cijenio tek roditeljicu djece. U latinskome »stupiti u brak«, *in matrimonium ducere*, znači privesti k majčinstvu. Rimljani su malu važnost pridavali kćeri kuće, za brata i sestru su govorili *fratres*, »braća«. Poseban smisao za autoritet, kakav nalazimo u odnosu oca obitelji spram ukućana, Rimljani pokazuju prema svojoj državi i vlasti uopće. U tome nije bilo ničeg ropskog ili sluganskog. Veliki ljudi se dobrovoljno pokoravaju, rimska poslušnost nije bila poslušnost robova. Pokoravaju se iz uvjerenja, a ne iz straha, zato jer smatraju da tako valja činiti. Rimska disciplina je naslijeđeno poštovanje prema iskustvu i starini, a ujedno i poštovanje prema dobru države. Pravom Rimljaninu je samorazumljivo da svoje ja podredi priznanju cjeline države.
- Seljačko je i zanimanje za praktične potrebe, za izgradnju cesta i građevina, za potrebe svakidašnjeg života i vojske. Za to su bila dovoljna praktična znanja, računanje i poznavanje praktične statike.

Rimljani iz doba kraljeva već su onaj narod ratnika kakvog poznaje povijest. Nazivaju se *Quirites*, *Kviriti*, kopljanici, koji za građanstvo s pravom glasa i za poziv na oružje imaju jednu te istu riječ – *centuria*. Prarimljani su naprosto bili oružju vješti seljaci. Trgovina je imala podređeno značenje i služila je samo unutrašnjem prometu. U doba Peloponeskog rata grčki pisci kao italske izvozne proizvode navode samo ječmenu kašu i govedska rebra. Uzgajali su repu i grahorice, proso, ječam, pšenicu od 5. st. pr. Kr. Glavno bogatstvo zemlje činila je stoka, *pecus*, koja je bila mjera vrijednosti, o čemu govori i ime novca, *pecunia*.

Istinu i čast Rimljani su uzimali doslovnije od Grka. Apstraktna božanstva kojima su podigli najviše žrtvenika bila su *Fides* – ne »Vjera«, već puko poštivanje ugovora – te *Pietas*, savjesno pridržavanje obveza prema svakome, čak i prema nižima. Snažan, premda hladan osjećaj za pravo bio je Rimljaninu svojstven od pradavnih vremena. Podmuklost, pa već i samo lukavost u trgovini i politici bile su mu mrske, odlike robova i bludnica.

Sve što je imalo neke veze sa znanošću i umjetnošću prosječni je Rimljanin prezirao kao svojevrsnu sablazan. U latinskome postoji samo riječ *scriba*, pisar; *poeta* je posuđenica. Svekolika duhovna zanimanja koja nisu neposredno služila praksi, vrijedila su kao *artes leviores* i *studia minora*. Kako i priliči jednom narodu pravnika, prvi književni spomenik Rimljana je *Zakonik dvanaest ploča*, od čijeg su izvornog teksta ostali smo pojedini citati, u nespretnom i stiješnjenom, ali i pojmovno oštrom latinskom.

Dubok uvid u različitost Rimljana i Grka pruža činjenica da su rimska djeca rasla s točnim poznavanjem *Dvanaest ploča*, kao što su grčka rasla s Homerom. Možemo se pitati jesu li Grci po naravi bili drukčiji narod od Rimljana ili su se različito razvijali zato što su na različite načine obrazovali djecu. Znakovito je i to što su se djeca najradije igrala »suca«.

Pjevanje i ples bili su povezani samo uz kult, koji se uostalom odlikovao velikom šturošću i suhoparnošću. Još Ciceron kaže: »Nikome trijeznom ne će pasti na pamet plesati, ako nije upravo lud«.

5.5. Rimska tehnika

5.5.1. Poljodjelstvo – plug, pompejski mlin, žetelica

Etrušćansko je poljodjelstvo doseglo visok stupanj. Proširili su napredne metode isušivanja tla, omogućivši obrađivanje područja koja su prije toga bila močvarna ili su ih uništavale poplave. Primjer toga je mreža podzemnih kanala u Laciju.

S prestankom etrušćanske vlasti u Laciju posjedi prijašnjih gospodara razdijeljeni su na male komade. No sječa šuma koja se provodila da bi se povećala obradiva površina izazvala je jače plavljenje, a time i bujice, što je pojačalo ispiranje tankog sloja tla. Iskorišteno tlo pretvarano je u pašnjake i trebalo je stalno pronalaziti nova polja, što je bio jedan od razloga osvajačke politike.

U 3. i 2. st. pr. Kr. robovski rad je postao nesavladiva konkurencija patrijahalnim tipovima poljodjelstva. Nedostatci u strukturi velikih posjeda uskoro su se očitovali. Robovski je rad zahtijevao brojniju radnu snagu, ali je održavao na životu primitivne tehnike u procesima poput žetve, mlaćenja i rešetanja. Robovi su bili obučavani za specijalizirane radove. S druge strane, neposjedovanje prikladne konjske orme i pluga ograničavalo je tla koja se moglo obrađivati. U priručnicima iz toga doba se vidi da je većina tehnika uzgoja voća i povrća koje koristimo danas bila već poznata i korištena.

U doba carstva održale su se stare metode seljačkog rada. Poljoprivredne radove obavljali su muški članovi obitelji, kojima su pomagali robovi i nadničari, ako je bilo potrebno. Usavršavanje poljoprivrede u provincijama bilo je dijelom i plod svestranije primjene oruđa specijaliziranog i usavršenog tipa. Plugovi različitih tipova, drljače, grablje, motike od metala ili drva, lopate, specijalna oruđa za mlaćenje i prosijavanje žita.

Posebno je važno poboljšanje pluga. Tzv. *aratrum*, laki plug koji je bio primjeren pješćanim tlima sredozemnog područja, je poboljšan putem dva dodatka: dodano mu je crtalo – vertikalni nož učvršćen na prednjoj strani lemeša – te daska iza njega za prevrtanje zemlje. To je rimski »teški plug«, koji će punu važnost steći tek u srednjem vijeku.

Ponegdje nailazimo na poljoprivredne strojeve složenije konstrukcije. Primjer je mehanička žetelica, koja se prema Pliniju upotrebljavala u Galiji u

1. st. Imala je metalne zube i kotače, a vukle su ju životinje. Čini se da je korištena do 4. st. Tu spada i tijesak za vino s vijkom, te vodenice.

Iz Galije potiče i dvodijelni mlat za žito, dva štapa spojena šarkom, koji je bio mnogo praktičnija naprava za vršenje žita nego obični štap ili gaženje.

Pompejski mlin je bio rotacioni mlin kojeg je velika prednost pred ranijim vrstama mlinova bilo to što je mogao koristiti snagu životinja (obično magarac, povremeno i konj). Taj je mlin bio prilično jednostavan i jeftin za izradu. Donji je kamen imao oblik tupog stošca, a gornji oblik pješčanoga sata.

5.5.2. Rudarstvo i kovinarstvo

Plinije spominje dvije novine uvedene u stari postupak dobivanja zlata iz riječnog pijeska, vjerojatno uvedene u vremenu kasne Republike. U jednoj od njih se primjenjuje tlak vode za razbijanje gruda u kojima se nalazi zlato, a drugom se izvlači zlatna prašina pomoću žive koja se kasnije uklanjala filtriranjem i destiliranjem.

U doba ranog carstva industrija metala se razvijala na više načina. Većinu željezne robe su i dalje izrađivali kovači na ognjištu kovačnice u malim radionicama. U Puteoliju je bila skoncentrirana trgovina željezom, gdje je sirovo željezo dovoženo s Elbe i prerađivano. To nije dovelo do specijalizacije, svaki je majstor radio u svojoj radionici.

Proizvodnja bakrenog i brončanog alata je dovela do pravog tvorničkog sustava, budući da su se tu udružili različiti procesi i obrtnička umijeća. Središte je bilo u Capui. Velike su tvornice upošljavale stotine ljudi i proizvodi su izvoženi sve do Britanije i Germanije. Velike industrije često su koristile robovski rad i »lančane« metode proizvodnje. Kopanje i prerada metalnih ruda spadalo je u takve djelatnosti. Iskapali su se podzemni hodnici ili rovovi iz kojih se izvlačila ruda. Bila je veoma rasprostranjena proizvodnja brončanih legura, i to valjanih, tučenih i taljenih, a bili su poznati i prilično usavršeni postupci zavarivanja.

Obrada željeza bila je mučan i tegoban posao, budući da nije postojao mijeh sa sigurnosnim ventilima. Potpuno taljenje željeza nije se moglo postići, pa se je metal stoga morao zagrijavanjem najprije dovesti u spužvasti oblik, a zatim ga je trebalo otvrdnuti pomoću čekića i nakovnja i preparirati uranjanjem u vodu.

Rimljani su u Britaniji vadili ugljen od 100. nadalje. Rimskim je rudnicima upravljala država, a radna snaga su bili uglavnom robovi i robijaši. Rudnik bakra u današnjoj Córdoba je imao okno duboko 206 m, dok su u drugom rudniku u Španjolskoj rimski rudari probili galerije duge 1000 m i duboke 200 m, u potrazi za slojevima olova bogatim srebrom. Rimljani su rudarske postupke uzdigli do visina nedostižnih u srednjem vijeku – novi postupci ispiranja, probijanja galerija, kopanja okana, osvjetljavanja i ventiliranja, odvodnjavanja, podgrađivanja, izvoženja, geološkog istraživanja, kao i bolji, željezni alat. U jednom rimskom rudniku u Španjolskoj pronađeno je »gnijezdo« drvenih vodenih kola na brončanim osovinama. Pokretali su ih robovi koji su se uspinjali njihovim obodom, a sustav je dizao vodu s dna na površinu svladavajući visinsku razliku od 30 m.

5.5.3. Industrijska proizvodnja

U doba kraja Republike ne nalazimo neki veći razvoj u manufakturnoj industriji. U doba ranog Carstva, kako su ljudi postajali bogatiji, stvorilo se šire tržište koje je zahtijevalo porast trgovine i specijalizaciju proizvodnje. Porasla je podjela rada i nastalo je nešto nalik tvorničkom sustavu za proizvodnju nekih roba u velikoj količini. Općenito su postojala tri sustava proizvodnje: kućna radinost, obrtnički rad i industrijska proizvodnja. Kućna se radinost tradicionalno obavljala u seoskim okruzima, gdje su obitelji nastojale da se ekonomski osamostale, tj. da same proizvode sve što im treba. Time su također upošljavali robove kad nije bilo poljoprivrednih radova. To je podjednako vrijedilo i za velika i za mala imanja. Na svim tim imanjima je postojala privreda zatvorenog tipa: proizvodnja tkanina, kruha, namještaja, odjeće, obuće, košara, grube lončarije, opeke, štavljene kože, kućnih potrepština od drveta i metala.

U gradovima je takvu proizvodnju zamijenila obrtnička. Robu su tu proizvodile male tvornice i radionice koje su upošljavale uglavnom neizučene radnike. Proizvedeno je bez uporabe strojeva: kućne potrepštine, namještaj, predmeti od kože i tkanine, staklo, nakit, čipke, kozmetika.

U većim tvornicama, u kojima su radili robovi, povećana je specijalizacija. No neki razvoj većih razmjera bio je onemogućen visokom cijenom transporta po kopnu i korištenjem robovskog rada. Mnogi su bogati ljudi koristili vlastite robove za industrijsku proizvodnju, koju bi inače osigurala trgovina. Osim toga, izvor jeftinoga rada nije ohrabrivao inventivnost u sredstvima za uštedu rada, koja bi mogla potaknuti novi razvoj. Nije bilo razloga za konstruiranje i uvođenje strojeva.

Primjer »velike industrije« je proizvodnja crvenog stolnog posuđa u Arretiumu (*Samiansko suđe*), koja je počela oko 30. pr. Kr. Bilo je izvoženo gotovo posvuda. Najveća poznata radionica upošljavala je 58 robova. Druga specijalizirana industrija bila je proizvodnja staklenog suđa, koja je dobila veliki zamah nakon izuma puhanja stakla u Sidonu nakon 40. pr. Kr. Ranije je staklo bilo ulijevano u kalupe.

Važan se razvoj dogodio na području puhanja stakla, koje je napredovalo zbog raspoloživosti željeznih cijevi za puhanje (Muzej antičkoga stakla u Zadru!). Puhanje stakla je izumljeno u rimskoj provinciji Siriji u 1. st. U Rimu su proizvedene mnoge vrste stakla, za prozore, zrcala, žare i boce, za ukrase zgrada. Rimski privreda se u vremenu pr. Kr. uglavnom temeljila na samom gradu Rimu i njegovoj okolici. Glavnina proizvoda dolazila je iz njegovih peći, tvornica za preradu kovina i izradu tkanina i lončarije, kao i iz zlatarskih radionica.

U doba Republike većina odjeće je izrađivana kod kuće. No taj proces nije lagan i u doba carstva sve se više prepušta obrtnicima. Treba također spomenuti industriju namještaja, tekstilnu industriju i valjaonice sukna,

industriju lončarije, industriju stakla, proizvodnju mirisa, kozmetičkih artikala, boja i lijekova, izradu nakita.

5.5.4. Graditeljstvo

Karakteristični doprinosi rimske tehnike bili su u arhitekturi i poljodjelstvu. Gradnja akvadukata, amfiteatara i bazilika zahtijevala je razvoj tehnike luka i lučnog svoda, koju je omogućila uporaba pečene opeke i betona od vulkanskog pepela i vapna. Akvadukti su već prije građeni u Egiptu, Mezopotamiji i Grčkoj, ali su rimski akvadukti bili mnogo veći. Cigla je u građevinarstvu ušla u širu uporabu nakon doba Klaudija, posebno nakon požara za Nerona. Proizvodnja cigle postala je dobar posao.

Rimljani su uveli uporabu cementa pri gradnji, što je dovelo do izuma betona. Rimljani su imali izvrsnu vapnenu žbuku. Miješajući tu žbuku s vulkanskim pepelom dobili su cement, koji pak pomiješan s pijeskom i šljunkom da je beton. Oblikovali su polukružni luk od opeke i betona, što je zamijenilo arhitekturu stupova i nadvratnika, koju su koristili Egipćani i Grci. No rimska arhitektura nije iskoristila mogućnosti luka u onoj mjeri u kojoj je to učinila gotička u srednjem vijeku. Polukružni luk jako opterećuje noseće zidove, koji stoga moraju biti vrlo masivni, a korišten za mostove zahtijeva masivne noseće stupove, izvrgnute eroziji toka vode.

U velikim gradovima, gdje je zemljište bilo skupo i gdje je trebalo smjestiti mnogobrojno stanovništvo, pojavljuju se u doba carstva velike stambene zgrade podijeljene na mnogo lokala i malih stanova. Tu je pojava nove tehnike građenja uporabom opeka i tvrde žbuke izvršila pravu revoluciju. Pojava novih metoda građenja omogućila je projektiranje prostranih stambenih kuća s pet ili više katova.

Poboljšanje umijeća i sredstava je pomoglo pri građenju građevina i spomenika. Korištenjem naprava poput zupčanika, koloturnika, poluga i uređaja za transmisiju, Rimljani su bili u stanju izraditi bolje dizalice i druga pomagala koja su im omogućila podizanje i prenošenje velikih tereta.

Kvaliteta komunalnog sustava u Carstvu je bila vrlo visoka. Primjerice, za vodovod su korištene olovne i keramičke cijevi. Rim je zahtijevao i velike količine olovnih cijevi za vodovod, ali to nije dovelo do industrijske proizvodnje. Proizvodili su ih sami vodoinstalateri.

Najslavnije ceste Staroga svijeta izgradili su Rimljani. Upravo je mreža cesta držala Carstvo na okupu, jer su one bile arterije njegova poreznog sustava i sredstvo premještanja vojske. Kad se Carstvo raspalo, barbari i pobunjenici su najprije počeli raskapati ceste, pa ipak su mnoge dionice sve do danas ostale netaknute, što ukazuje na izvrsnost rimske cestogradnje. Najstarije rimske ceste su bile izgrađene od drva i često su premošćivale močvarna područja. One kasnije, počev od izgradnje središnje mreže u Italiji u 4. st. pr. Kr., bile su mnogo trajnije. Imale su temelj od kamenih blokova, na koje su se naizmjenice stavljali slojevi tucanika i betona, dok se površinski sloj slagao od kamenih blokova, nabijenog šljunka ili betona. Bile su blago ispupčene, zbog otjecanja vode. Do 2. st. Rimljani su izgradili oko 77 500 km solidnih cesta.

Najimpresivniji rimski zid je »Hadrijanov zid«, kojeg je car Hadrijan (117. – 138.) podigao preko južne Škotske, od mora do mora, u duljini od 200 km, a za obranu od barbara sa sjevera. Uglavnom je bio izgrađen od kamena, a na razmaku od jedne milje su bile postavljene kule. Zid je bio visok 5,5 m, širok 3 m, dovoljno da po njemu može stupati vojska u dvoredu. S obje strane zida je bio iskopan 9 m širok jarak, a s južne je strane izgrađena cesta.

5.5.5. Transport

Strogo su razlikovana dva tipa broda: dugi i obli. Dugi brod (galija) su pokretala duga vesla, imao je malo prostora za teret u uskom trupu i uglavnom je korišten u ratne svrhe. Obli brod su pokretala kvadratna jedra, imao je dubok trup, bio je nespretan za upravljanje (pomoću vesala smještenih sa strane u blizini krme), ali izdržljiv i korišten je za prijevoz tereta. Glavni je problem bila plovidba protiv vjetra, što je rješavano cik-cak plovidbom. Tijekom 1. st. pojavilo se »latinsko jedro«, trokutasto jedro razapeto uzduž broda od pramca do krme, koje je moglo hvatati vjetar s obje strane. No baratanje njime je bilo teško i uglavnom je korišteno na manjim plovilima.

Kopneni prijevoz bio je ograničen, unatoč dobrim cestama, neprikladnom zapregom, koja nije omogućivala djelotvorno uprezanje konja, kao i drugim problemima, poput ovjesa i podmazivanja.

5.6. Razlozi sporog razvoja mehanike u antici

Izučavanje tekstova antičkih autora o mehanici pokazuje tri zanimljive stvari:

- i) domišljatost kojom su nalazili nove primjene ograničenog broja jednostavnih mehaničkih načela;
- ii) zanimanje koje su pokazivali za sama ta načela i za teorijsku stranu mehanike u cjelini;
- iii) svijest o dvije vrste ciljeva takvih izučavanja: praktične svrhe i rasonoda ili čuđenje.

Imamo li na umu da su antički autori uviđali mogućnost primjene mehanike u praktične svrhe, iznenađuje da to nije dovelo do plodnijih rezultata. Tijekom razdoblja od 500. pr. Kr. do 500. tehnika nije stagnirala. Napredak je postignut u vojnoj tehnici, ali i u poljoprivredi i u tehnikama obrade hrane (npr. mlinovi). Tijekom tog perioda su izumljene važne mehaničke naprave. No ipak je popis tih naprava skroman i važno je istražiti zašto je bilo tako i zašto su ljudi antike sporo iskorištavali ili u nekim slučajevima posve zanemarili, mehanička načela koja su im bila poznata. Tom problemu možemo pristupiti na temelju razmatranja nekih primjera.

5.6.1. Vodenica (i radilica?)

Zanimljiviji i važniji primjer je sporo uvođenje u uporabu vodenice kao izvora energije. Kotač kojeg vrti voda je jedini stroj za proizvodnju energije što ga je poznavala antika, a javlja se u Grčkoj oko 100. pr. Kr. Ako izuzmemo energiju vodene struje koja je tjerala mlinove, kao jedini izvor energije u antici služila je snaga ljudskih ili životinjskih mišića. Velike dizalice pokretali su ljudi hodajući u unutrašnjosti velikih kotača pokretanih gaženjem.

Čini se da se je horizontalno vodeno kolo pojavilo u Armeniji oko 200. pr. Kr., razvijeno izravno od rotacionog ručnog žrvnja. Kolo s lopaticama bilo je horizontalno uronjeno u vodu i s jedne strane zaštićeno od struje ili s jedne strane izloženo struji vode iz točila, tj. žlijeba. Takvo je kolo prikladno za male tokove i umjerene struje i lako se povezuje s mlinskim kamenom pomoću vertikalne osovine.

Prvi izvještaj nalazimo u spisu kojeg je potkraj 1. st. pr. Kr. napisao grčki geograf Strabon. Opisujući dvorac Mitridata, kralja Ponta, države na crnomorskoj obali današnje Turske, a izgrađen 120. pr. Kr., spominje i vodenicu. Najstariji kineski zapisi o uporabi vodenice su također iz 1. st. pr. Kr., a čini se da su se vodenice tamo pojavile otprilike u isto vrijeme kad i na Zapadu, tj. tijekom 2. st. pr. Kr.

Izorno su korištena horizontalna kola povezana s mlinskim kamenom za mljevenje pšenice. No takva su se kola mogla rabiti jedino kad je tok vode bio odgovarajući. Kasnije je u uporabu ušlo vertikalno kolo, utemeljeno na kolu za dizanje vode koje se otprije rabilo u Egiptu. Naime, u to se vrijeme spominje i vodeni bubanj i Arhimedov vodeni puž. Te su sprave pokretali ljudi gurajući ih bosim nogama. Kasnije se pojavio kotač koji se tjerao gaženjem, a nosio je sa strane četvrtaste grabilice pomoću kojih je grabio vodu i izlijevao je s visine koja je malo zaostajala za njegovim promjerom. Kasnije su na nj bile pričvršćene lopatice, pa ga je tako pokretala sama vodena struja. Još kasnije je na njegovu osovinu montiran zupčanik, spojen s drugim zupčanikom, montiranim na okomitom osovinu, koji je tjerao mlinski kamen. Vodenicu s vertikalnim kolom spominje više autora od 1. stoljeća nadalje, a prvi posve pouzdan opis potiče od Vitruvija, koji kaže da ona spada među »strojeve koji se rijetko koriste«. Rimljani su proširili uporabu vodenica, premda uistinu važne postaju tek u srednjem vijeku.

Vitruvije opisuje kolo tjerano vodom odozdo – donji dio kola je uronjen u vodu, tako da ga struja vode vrti u suprotnom smjeru. Efikasnost takvih kola je 15-30%, što je dovoljno za mljevenje pšenice. Efikasnija su kola tjerana odozgo – voda se jarkom ili žlijebom dovodi na vrh kola, čime se iskorištava čitava težina vode, što daje efikasnost od 50-70%. No takva je vodenica očigledno skuplja.

No prošlo je mnogo vremena dok je vodenica postala donekle uobičajen izvor energije. Imamo malo pouzdanih arheoloških nalaza u svezi s antičkim vodenicama općenito i niti jedan prije 2. st. Sustavno korištenje snage vode, kao u nizu od 16 vodenica kod Barbégala kraj Arlesa, na jugu Francuske, je iz još kasnijeg doba. Mlin u Barbégalu je prvi put korišten sredinom 3. stoljeća, a do kraja 4. stoljeća je opskrba mlinova vodom postala predmet

zakonske regulative i parničenja. Zapanjujuće je sporo uvođenje te tehnike u uporabu.

Iz 3. i 4. stoljeća potiču, doduše sporni, tragovi o korištenju pila pokretanih vodenim kolom (primjerice Ausonije, 4. st.), što bi podrazumijevalo uporabu radilice za pretvaranje kružnoga gibanja u pravocrtno.

S druge strane neki historičari smatraju da je tvrdnja da se utjecaj vodenice u punoj mjeri osjeća tek u srednjem vijeku kriva, a nastala je stoga što rimski historičari vodenice rijetko spominju. No noviji arheološki nalazi pokazuju da su one bile uobičajeni dio opreme vila, tvrđava i gradova širom carstva.

Jedna od prepreka za brže širenje vodenica koja se često spominje je nedostatak prikladnih vodenih tokova u mnogim dijelovima antičkoga civiliziranog svijeta. Idealni vodeni tok je brza struja vode, koja se ne mijenja tijekom godine. Takvi su vodeni tokovi relativno česti sjeverno od Alpa, ali rijetki u Grčkoj, Italiji i Maloj Aziji. Tom se problemu moglo doskočiti dodajući kolu umjetni akvadukt, te su uistinu sve otkrivene glavne antičke vodenice bile tako opskrbljivane vodom. Problem je bilo moguće riješiti i na drugi način, tako da se vodenica izgradi na plutajućoj platformi usidrenoj na rijeci, a i to je rješenje bilo poznato u kasnoj antici. Prokopije u djelu *O gotskom ratu* opisuje jedan takav plutajući mlin, kojeg je bizantinski vojskovođa Belizar izgradio na Tiberu tijekom opsade Rima 537.

5.6.2. Uloga ropskoga rada

No problem opskrbe vodom nije jedini čimbenik kojeg valja razmotriti pri pokušaju objašnjenja sporog širenja vodenica. Često se tvrdi da ključ za to pitanje – te za zaostalost antičke tehnike u cjelini – leži u instituciji ropstva. Tako se kaže da sve dok je bilo lako doći do robova nije bilo poticaja za izmišljanje i uvođenje umjetnih izvora energije i naprava za olakšanje rada bilo koje vrste. Nedvojbeno u tome ima puno istine. Tako je moguće da je konačno uvođenje vodenica u uporabu nakon 3. stoljeća bilo barem djelomično potaknuto rastućim akutnim nedostatkom radne snage od kojeg je patilo kasno Rimsko carstvo. No ne treba prenaplašavati važnost ropstva, jer je antički robovlasnik imao barem dva dobra razloga za nastojanje da smanji svoju ovisnost o ropskom radu ako ikako može: nije jeftino hraniti robove, a ponekad ih je bilo teško i kontrolirati.

5.6.3. Uloga raspoloživosti i shvaćanja kapitala

Poučno je tu usporediti sporo širenje vodenice i ranije mnogo brže uvođenje u uporabu »pompejskog« mlina. Premda je ručni žrvanj nastavio biti uobičajeno sredstvo za mljevenje žita u malim domaćinstvima, čini se da se je ovaj mlin prilično brzo širio zapadnim Sredozemljem tijekom 2. stoljeća. U ovom slučaju ropski rad bjelodano nije priječio korištenje mehaničke tehnike.

S druge strane, vodenica je i mnogo složenija i mnogo skuplja, napose ako vodu treba dovoditi akvaduktom. Vodenica je, za razliku od pompejskog magarećeg mlina, zahtijevala ulaganje znatnog kapitala. Premda su vladari i građani ulagali velike iznose u građevinske pothvate raznih vrsta, u antičkom svijetu nalazimo vrlo rijetke primjere većeg ulaganja kapitala u proizvodnu industriju. U antičkom su svijetu najmoćnije pokretačke sile bili moć, čast i status. To ne znači da zarada nije bila pokretač. Naprotiv, za bogatstvom se je težilo. No zemlja je bila ideal i kao izvor i kao očitovanje bogatstva. Ako je čovjek stekao bogatstvo na druge načine, trgovinom ili, rjeđe, proizvodnjom za tržište, svoje je viškove češće ulagao u zemlju, u kupnju imanja, nego u »razvoj posla«. Zapravo je bogatstvo obično smatrano sredstvom koje osigurava ulaz u krugove zemljoposjedničke aristokracije, a manje je bilo samo sebi svrhom.

5.6.4. Uloga raspoloživih izvora energije

Štoviše, ako je magareći mlin jedan primjer uspješnog uvođenja nove tehnike, možemo njemu uz bok staviti ne samo sporo širenje vodenica, već i izostanak istraživanja mogućnosti korištenja vjetra kao izvora energije, unatoč tome što je on u antičkom svijetu bio uobičajen u drugom kontekstu – plovidbi – te tome što se bitni dijelovi vodenice mogu relativno lako prilagoditi pogonu vjetrom. Osim Herona, koji u *Pneumatici* kratko spominje uporabu vjetra za crpku vodenih orgulja, nema nikakvih drugih izvora koji bi pokazivali da su ljudi antike imali sluha za korištenje snage vjetra.

Iz različitih razloga niti para niti vjetar nisu u antičkom svijetu djelotvorno korišteni kao izvori energije, a voda tek pri kraju tog razdoblja. Glavni izvori energije o kojima je ovisila grčka i rimska tehnika bili su čovjek i životinja, a to je ozbiljno ograničavalo razinu provođenja mehaničkih operacija. Heronovo »automatsko kazalište«, u kojem lutkice grade brod, zabijaju čavle, pile drva itd., pokazuje da je ideja automatizacije bila poznata antičkom svijetu. No dok je lutkice tog kazališta mogla pokretati energija utega, naprosto nije bilo načina da se ta ideja realizira u stvarnom životu i to nije pokušao niti Heron niti itko drugi.

Složene dizalice koje opisuje Vitruvije su pokretala velika kola koja su gaženjem vrtjeli robovi. Pompejski mlin je pokretao magarac. Štoviše, djelotvorna uporaba energije životinja je u jednom smislu bila onemogućena time što ljudi antike nisu smislili konjsku ormu koja bi omogućila da se konj djelotvorno koristi za vuču. Orma koju su koristili za konje bila je u biti ista kao za volove. Ta je orma bila donekle prikladna za volove (glavnu životinju za vuču), ali je bila posve neprikladna za korištenje konja u istu svrhu, jer je prsni pojas, čim bi konj jače povukao, skliznuo prema vratu i gušio životinju, drastično smanjujući efektivnu snagu.

5.6.5. Uloga ciljanoga tržišta

Prijezir koji su pisci poput Plutarha iskazivali prema mehaničkim umijećima bio je tek jedan od više čimbenika koji su priječili razvoj tehnike u antičkom svijetu.

Ne smijemo podcijeniti konzervativne tendencije antičke tehnike u cjelini, primjerice u prenošenju tehničkih znanja. Šegrt se učilo da kopira postojeće postupke što je točnije moguće. Čak i u područjima poput mljevenja zrnja, gdje je došlo do nekog napretka, u pravilu opažamo duge periode u kojima se tehnika ne mijenja. Bez dvojbe je važan faktor i raspoloživost jeftinoga rada.

No komparativni uspjeh tehnike u nekim poljima upućuje na još jednu stvar. Kao što pokazuje Filonov tekst o artiljeriji, kad je u pitanju bila moć ili prestiž vladara, tehničari nisu nedostajali ohrabrenja. Ali u velikoj mjeri vrijedi i obrat: kad se nije radilo o prednostima za bogate pojedince, tehnika je obično zanemarivana. Zapanjuje kontrast između vještina koje su rasipane, primjerice, u izradi finih predmeta od kovine i relativno grubih postupaka koji su tijekom čitave antike korišteni za dobivanje kovina. U proizvodnji tkanina i keramike također nalazimo izvanredne izrađevine, ali je malo pozornosti posvećeno problemima masovne proizvodnje. Ukratko, ljudi antike su, kad god su mogli, pretvarali svoja umijeća u umjetnost, ali nisu, uz par iznimki, pokušavali načiniti od njih industriju.

Zastoj i nazadovanje antičke znanosti su još uvijek otvoreni problem povijesti. Jedno od objašnjenja uzrok vidi u antičkom gospodarstvu i odvojenosti znanosti i tehnike. Zbog postojanja robova, relativno jeftine radne snage, i zbog ideologije da poznavanje prirode ne treba koristiti u praktične svrhe, bilo je malo poticaja da se zapošljavaju znanstvenici ili da se investira u primijenjenu znanost. Drugim riječima, isključivanje mogućnosti korisnosti znanja o prirodi je potkopalo društvenu ulogu i društvenu potporu znanosti.

Povjesničari tehnike se pitaju zašto se u antici nije dogodila industrijska revolucija. Odgovor je, čini se, da za to nije bilo potrebe, onodobni načini proizvodnje i gospodarstvo utemeljeno na robovlasništvu su zadovoljavajuće održavali postojeće stanje stvari. Ondašnjem mentalitetu je posve strana kapitalistička ideja profita kao cilja kojem treba težiti. Isto vrijedi za ideju da se tehniku može ili treba iskoristiti u tom smjeru. U antici je industrijska revolucija bila doslovno nezamisliva.

U rijetkim je područjima tehnike inženjer mogao računati na podršku moćnih pojedinaca ili države. »Arhitekt« je imao prihvaćeno, premda ponešto ograničeno mjesto. No izvan tih područja se je mehaničar morao osloniti na vlastite izvore. Mogao je izraziti želju da služi praktičnim svrhama, a mnogi su to i činili. No ideja sustavnog korištenja mehaničkih ideja u takve svrhe je općenito nedostajala. Svoja je istraživanja, poput ostalih znanstvenika, poduzimao da zadovolji vlastitu želju za znanjem – da shvati pojave – isto koliko iz drugih pobuda.

6. Kineska civilizacija: dinastija Sung

6.1. Uvod

Premda su se granice i političke cjeline mijenjale, kineski su carevi vladali golemim, gusto naseljenim područjem, velikim poput Europe. Čak je i uža Kina (bez Mandžurije, Mongolije, Tibeta i zapadnih područja) velika kao pola Europe. Od prvog ujedinjenja 221. pr. Kr., Kina je bila najnapučenija zemlja na svijetu.

Položaj je izolirao Kinu od vanjskih utjecaja više nego bilo koju drugu civilizaciju Staroga svijeta. Istina, nomadski i seoski narodi sa sjevera i zapada su imali velik učinak na kinesku povijest, ali planine, stepe i pustinje okružuju Kinu s jugozapada, zapada i sjevera, što je otežavalo dodire s kulturnim i povijesnim razvojem u zapadnoj Aziji i Europi. Prva kineska civilizacija je nastala u dolini rijeke Hwang-Ho (»Žuta rijeka«), oko 1800. pr. Kr., a kasnije se je proširila na dolinu rijeke Yangtze. Kina je arhetipska hidraulička civilizacija, koja je kulturno bila usmjerena prema istoku, duž tih i drugih sustava rijeka i jezera.

Pismo se je u Kini razvilo samostalno. Složeno ideografsko pismo se zapaža u Shang dinastiji (1520. pr. Kr. – 1030. pr. Kr.). Do 9. st. pr. Kr. postalo je veoma razvijeno, s 5000 znakova, a znakovi su standardizirani u doba ujedinjenja. Stotine osnovnih znakova se kombinira u desetke tisuća različitih znakova, što pisanje čini vrlo teškim.

6.2. Dinastije Sung i narav kineskoga tradicionalnog društva

Kina nas suočava s tisućama godina kulturnog kontinuiteta i nismo ovdje u stanju pratiti tu dugu povijest. Našu pozornost će prije svega zaokupiti Sung dinastije (960. – 1279.) i »renesansa« koja je popratila njihovu vlast. Po mnogo čemu to je razdoblje vrhunac tradicionalne Kine, zlatno doba kineske znanosti i tehnike.

6.2.1. Poljodjelstvo – gospodarski temelj procvata

Procvat Kine u doba Sung dinastija rezultat je promjena u poljodjelstvu, prije svega snažnog porasta uzgoja riže u južnoj Kini i bazenu rijeke Yangtze, s početkom u 8. stoljeću. Riža daje veći urod po jedinici

površine nego bilo koja druga udomaćena biljka, tako da samo uvođenje riže dovodi do značajnih društvenih i kulturnih posljedica. Nakon 1012. vlada je uvela i sustavno dijelila nove vrste rane i zimske riže iz Indokine. Neki tipovi sazrijevaju za dva mjeseca, što omogućuje dvije ili tri žetve godišnje na pogodnim mjestima. Druge su vrste zahtijevale manje vode, što je značilo da se za proizvodnju hrane mogu iskoristiti nova tla. Dinastija Sung je uložila velike napore u povećanje proizvodnje riže, stvarajući obradive površine od močvara i obala jezera, gradeći terase i poboljšavajući sustave navodnjavanja, sve pod upravom vlade. Nove tehnike presađivanja sadnica riže su ukinule potrebu za ugarom, a uvođenje novih oruđa za uzgajanje riže, poput pluga za rižina polja i naprava za podizanje vode, dodatno je poboljšalo djelotvornost i produktivnost, što je dovelo do sve većih viškova.

Posljedice su bile dramatične. Stanovništvo Kine je s 50 000 000 stanovnika godine 800. poraslo na 115 000 000 (prema jednom popisu čak 123 000 000) stanovnika godine 1200. Godine 1200. u Kini je živjelo dvostruko više ljudi nego u tadašnjoj Europi, a gustoća stanovništva je bila gotovo pet puta veća. Središte kineske civilizacije se je pomaknulo prema jugu, na kojem je do 1080. živjelo dvostruko više stanovnika nego na sjeveru. Urbanizacija je također uzela maha. Prema jednom izvještaju, u Kini iz doba Sung dinastije je bilo 5 gradova s više od milijun stanovnika, a druga procjena govori da je 20% stanovništva živjelo u gradovima, što je iznimno visok postotak za ratarsko društvo, koji je Europa postigla tek u 19. stoljeću. Sve je to dovelo do razvoja srednje klase, zajedno s komercijalizacijom poljoprivrednih roba, rastom trgovine i širenjem manufakturne proizvodnje.

6.2.2. Konfucije

Učenje Konfucija (551. pr. Kr. – 479. pr. Kr.) je dramatično oblikovalo kinesku višu kulturu, napose kroz službenu državnu ideologiju neokonfucijenzima, koju su razradili komentatori iz doba Sunga. Svjetonazor se usredotočava na obitelj, humanost i društvo, a ne na prirodu i svijet onkraj ljudskih stvari. Konfucijenzizam je bio praktična filozofija koja je naglašavala etičke i moralne dimenzije ponašanja i upravljanja državom te održavanje pravednog i skladnog društva. Tako su običaj, etiketa, kreposno ponašanje, sinovska ljubav prema roditeljima, poštivanje starijih, podčinjavanje autoritetu, moralni primjer mudraca i pravednost (ali ne zakon!) postali krilatice konfucijenzizma u doba Sunga. Na te je načine konfucijenzizam podržavao *status quo* te paternalističko i patrijaharno društvo.

6.2.3. Mandarinat, državni ispiti i posljedice

Centralizacija moći u rukama cara i vladanje putem birokracije – mandarinata – dosegla je za dinastije Sung nove vrhunce. Car je po »nebeskom mandatu« vladao čitavom Kinom, a poboljšane službe koje su podržavale taj mandat prozele su kineski život. Birokracija je bila golema i

monolitna. Kasniji izvještaj iz vremena Minga (14. – 17. stoljeće) govori o 100 000 državnih činovnika, bez vojske.

Takva je organizacija omogućila izravnu carsku kontrolu do razine pojedinačnog sela. Nije postojala nikakva institucija koja bi dovodila u pitanje autoritet cara i mandarinata, nisu postojala nikakva druga formalna središta moći. Gradovi nisu imali samoupravu niti su bili posebne administrativne jedinice. Takva je centralizirana i isključiva administracija sprječavala nastanak nezavisnih institucija, napose viših škola i cehova. Čini se također da je sveprisutnost mandarinata ograničila svaki neutralni društveni ili intelektualni prostor za znanost i tehniku izvan službenih kanala.

Onkraj činovništva, drugi elementi društva nisu posjedovali niti moć niti autonomiju koja bi im omogućila da postanu nezavisni izvori znanstvene tradicije. Sustav ispita je djelotvorno spriječio vladavinu plemića, ali je državni autoritet isto tako uspio svojoj moći podvrgnuti vojnu i trgovačku klasu. Od 3. st. pr. Kr. Kina je posjedovala velike vojske, ponekad i s više od milijun vojnika, ali je vojska ostala podvrgnuta civilnom nadzoru. Vojna je moć bila razdijeljena, jedinice rascjepljene, zapovjedništva su se preklapala. I trgovačka je aktivnost bila strogo nadzirana, tako da se, za razliku od Europe, trgovci nikad nisu uspjeli do odgovarajućih društvenih ili institucionalnih pozicija. Sa stajališta konfucijenzma su trgovačka aktivnost, profit i stjecanje osobnog bogatstva, bili prezirani kao antisocijalni poroci. Povremeno bi trgovci nakupili veliko bogatstvo, ali su periodični krivični postupci i zapljene imovine osiguravali marginalnost i nizak status trgovaca kao klase u kineskom društvu. U istom smislu niti svećenstvo nije moglo postići prevlast nad birokracijom.

Moć i privlačnost carske birokracije iscrpljivali su talent koji se mogao pretočiti u znanost. Birokracija je usmjeravala učenost prema humanistici i klasicima konfucijenzma, što je pomoglo nastanku duboke podjele između učene kulture i umijeća. Pod dinastijom Sung je birokracija djelovala kao prava meritokracija (oblikovanje upravljačke elite isključivo prema sposobnostima) otvorena za talente. Država je regrutirala funkcionare na temelju uspjeha na činovničkim ispitima, što je bio jedini pristup političkoj moći, a ne na temelju političkih ili obiteljskih veza. Već u doba dinastije Han (206. pr. Kr. – 220. pr. Kr.) uspostavljen je sustav državnih ispita, kojeg je jedan od učinaka bilo ograničavanje političke moći plemstva. Pod dinastijama Sung sustav je reformiran te je dostigao vrhunac i ostao djelatan do 1904.

Svake dvije ili tri godine je službeno vijeće ispitivača nudilo tri razine ispita (lokalni, regionalni i nacionalni). Neki su nesretnici čitav život nastojali položiti te stroge ispite. Već je polaganje na najnižoj razini donosilo neke posebne povlastice, poput oslobođenja od tlake. Polaganje na najvišoj razini je sa sobom donosilo obveze, jer se tada nije smjelo odbiti zaposlenje u birokraciji. Ispiti su bili standardizirani i uključivali su klasike konfucijenzma, ezoteričnu literaturu, humanistiku te, kasnije, administrativne probleme. Važna je bila sposobnost pamćenja, recitiranje, poezija i kaligrafija. Ti su ispiti oblikovali vrijednosti i napore najboljih kineskih umova tijekom gotovo 2000 godina. Osim nekih iznimaka, u tim ispitima nije bilo znanosti i tehnike.

6.2.4. Položaj inženjera, industrije i tehnike

Učenost je u tradicionalnoj Kini bila uvelike odvojena od tehnike i obrta. Kalendarska astronomija je koristila državi i društvu, a matematika je imala veliku ulogu u rješavanju praktičnih problema, ali su se gospodarstvo, vojska i medicina temeljili na snazi tradicionalnih tehnika, koje nisu ništa dugovale teorijskom znanju ili istraživanju. Obrtnici su općenito bili nepismeni i imali su nizak položaj u društvu. Praktične vještine su učili kroz šegrtovanje i iskustvo, a znanost nije ništa pomagala njihovim pothvatima.

Učenjaci i »znanstvenici«, s druge strane, su bili pismeni, školovali su se mnogo godina, uživali su visok društveni položaj, ali su ostali društveno odvojeni od svijeta obrtnika i inženjera. Sustav ispita i birokracija su institucionalnim odvajanjem učenjaka-birokrata od obrtnika, umjetnika i inženjera, ojačali razdvojenost znanosti i tehnike. Sustav vrijednosti tradicionalne Kine, poput onog helenističke Grčke, je s visoka gledao na tehniku. Učenjaci su odbacivali rad rukama i preferirali rafiniranije djelatnosti, poput poezije, kaligrafije, glazbe i sl.

Karakteristična crta kineske tehnike jest da je vlada upravljala industrijom. Vlada je nominalno posjedovala sve državne resurse i monopolizirala je proizvodnju u ključnim područjima, osnivajući državne radionice i tvornice u granama industrije poput rudarstva, proizvodnje željeza, opskrbe solju, izrade svile, keramike, papira i alkoholnih pića. Kroz te monopole, kojima su upravljali činovnici, sama je država postala veliki proizvođač, u velikoj mjeri da bi mogla podmiriti goleme potrebe vojske. Većina kineskih inženjera i majstora bili su ili naprosto vladini zaposlenici ili ih je pak vlada strogo nadzirala. Vlada je upravljala golemom mrežom specijaliziranih obrtnika i svatko s tehničkim umijećem je u biti bio u službi vlade. Primjerice, mongolski carevi dinastije Yüan (1260. – 1368.) su popisali 260 000 vještih obrtnika u vlastitoj službi. Ming je upravljao s 27 000 majstora, od kojih je svaki imao nekoliko pomoćnika. Godine 1342. je 17 000 radnika u službi države ubiralo sol duž donjeg toka rijeke Yangtze.

6.2.5. Narav kineske znanosti

Zapadni pojam znanosti ili filozofije prirode bio je stran tradicionalnoj Kini. Kaže se: »Kina je imala znanosti, ali ne i znanost«, tj. učenjaci su se bavili različitim djelatnostima – u astronomiji, astrologiji, matematici, meteorologiji, kartografiji, seizmologiji, alkemiji, medicini i sl. – ali ništa nije ujedinjavalo te odvojene napore u poseban poduhvat kritičkog istraživanja prirode. U Kini, kao ni u Egiptu ili drugim birokratskim civilizacijama, nije bilo filozofije prirode u helenskom smislu i kineske bi mislioce zbunjivao pojam čiste znanosti koja je sama sebi svrha. U tradicionalnom kineskom društvu nije bilo mjesta za znanstvenika. Umjesto toga nalazimo amatere i učene ljude koji se bave nekim znanstvenim problemima, obično uposlene da bi razvijali i primjenjivali korisno znanje u birokratskom okruženju.

Tradicionalnoj kineskoj misli nedostaje pojam prirodnih zakona. Niti u društvu nije bilo strogih pozitivnih zakona, umjesto njih imamo fleksibilnije

pojmove pravde i običaja. Predodžba prirode je holistička i organska. Svemir je organizam u kojem se svijet prirode i društveni svijet čovjeka stapaju u jedinstvo. Nebesko i zemaljsko su povezani osobom cara. Komplementarne sile »yin« i »yang« upravljaju promjenama i u prirodi i u ljudskim stvarima.

U Kini je bilo mnogo škola, ali one nisu uključivale obrazovanje iz prirodnih znanosti. U 8. stoljeću je osnovana Carska akademija sa složenom obrazovnom strukturom i središnjim Obrazovnim direktoratom koji je nadgledao standardizirani konfucijanski kurikulum za carstvo. Osnovane su i mnoge privatne akademije koje u također slijedile standardni kurikulum. No, za razliku od europskih sveučilišta, te škole nisu imale pravni položaj koji bi im jamčio stalnost i neovisnost, sve su postojale po tradiciji i volji cara. Sve su te škole bile usmjerene samo na jedan cilj – pripremu kandidata za ispite za državnu službu – i nisu davale nikakve titule. Oko 1100. vlada je osnovala posebne škole za pravo, medicinu i matematiku, ali one nisu dugo trajale.

Kineski matematičari nisu razvili formalnu geometriju, logičke dokaze i deduktivne matematičke sustave. Razvili su napredne tehnike rješavanja praktičnih matematičkih problema (aritmetika, algebra, sustavi jednadžbi, drugi i treći korijen ...). Radili su uglavnom kao činovnici, nisu se međusobno poznavali pa su rabili različite metode.

U kineskoj je astronomiji bjelodan obrazac državne potpore korisnom znanju, karakterističan za centralizirana društva. Car je izdavao službeni kalendar. Nesklad na nebu je ukazivao na nesklad u carskoj vladavini pa je astronomija zarana postala stvar države. Astronomski izvještaji caru su bili državna tajna, jer su se ticali znamenja i sličnih političko-vjerskih stvari. Stoga su službeni astronomi zauzimali vrlo visoko mjesto u činovničkoj hijerarhiji. Ponekad su iz političkih razloga mijenjali podatke dobivene motrenjem. Da bi se spriječilo neovlašteno političko petljanje, astronomski su postupci postali toliko kruti da se nikakav novi instrument ili postupak nije smio rabiti bez izravnog dopuštenja cara, a bilo je zabranjeno posjedovati astronomske instrumente ili čitati astronomske spise. Astronomi i matematičari su regrutirani kroz posebne ispite, različite od onih standardnih. Posao u Astronomskom birou se nije mogao napustiti, a djeca astronoma se nisu smjela posvetiti drugim karijerama.

Službena kozmologija je bila geocentrična, a uključivala je i cara. Do 4. st. pr. Kr. su kineski astronomi odredili sunčevu godinu na 365, 25 dana. Od 720. pr. Kr. zabilježili su 1600 pomrčina i razvili postupke pretkazivanja, ne posve pouzdane. Od 352. pr. Kr. do 1604. zabilježili su 75 novâ i supernovâ. Pratili su komete, npr. od 240. pr. Kr. Halleyev svakih 76 godina. Od 28. pr. Kr. su motrili sunčeve pjega (kroz pješčane oluje). Poznavali su precesiju ekvinocija. Poznavali su periode planeta, ali nisu razvili modele za objašnjenje tih gibanja. Premda su u 13. i 14. stoljeću došli u kontakt s arapskim astronomima (putem mongolskih osvajanja), pa i s tekstovima Euklida i Ptolomeja, nisu im poklonili veću pozornost, nisu prevedeni.

Bilježeni su meteorološki podatci, važni za hidrauličke sustave, te podatci o plimi i oseki i o potresima – u tu su svrhu izradili seizmografe ili detektore potresa.

6.3. Procvat kineske tehnike

Pri razmatranju kineske tehnike treba se čuvati sklonosti da se tek naglašava prvenstvo Kineza naspram drugih civilizacija glede ovog ili onog izuma, poput tački (oko 230.), kola koja pokazuju jug (mehanički kompas), laka i lakiranja, baruta, porculana, kišobrana, kalema za ribolov, visećih mostova itd. Premda su takva prvenstva zanimljiva, ona imaju ograničenu analitičku vrijednost za povijesno istraživanje. Umjesto toga, polazište za svako istraživanje kineske tehnike mora biti uvid da je zbog ukupnosti svoje napredne tehnike, neovisno o originalnosti ili prvenstvu, tijekom dinastija Sung, a i kasnije, Kina u tehničkom smislu prednjačila u svijetu.

6.3.1. *Papirnat novac*

Čini se da se je neki oblik papirnatoga novca pojavio već početkom 9. st., kad je rast poslovnih i vladinih novčanih transakcija potaknuo uvođenje »letećeg novca«. To nije bio novac u pravom smislu, već prije kreditni medij kojim se izbjegavalo nošenje velikih količina metalnoga novca, oblik privatnoga dogovora među trgovcima, koji je vlada prihvatila 812. godine, a što se s vremenom razvilo u pravi papirnat novac. Naime, državno upravljanje tehnikom i gospodarstvom je doseglo visoku razinu u Sung periodu, kad je veći državni prihod dolazio od trgovačkih aktivnosti i poreza na robu nego od ratarskog poreza. Jedna od posljedica je bilo širenje novčane privrede. Npr. državne su kovnice 997. godine izradile 270 000 nizova (tisuća kovanica), a 1073. godine 6 000 000 nizova. Kao rezultat tog povećanja, vladari dinastije Sung su 1024. godine počeli tiskati pravi papirnat novac, te je papirnat novac prevladao u optjecaju tijekom 12. i 13. stoljeća. Ta tehnika izrade papirnog novca je važna ne stoga što je u povijesnom smislu »prva« na svijetu, već stoga što je olakšala rast i funkcioniranje kineskoga društva. U Europi se papirnat novac pojavljuje tek 1601., u Švedskoj.

6.3.2. *Papir i tisak*

Proizvodnja papira, koja se je vjerojatno razvila iz tekstilne industrije, dala je proizvod koji je olakšao administraciju carske Kine. Postoje pouzdani dokazi o izradi papira krajem dinastije Han, početkom 2. stoljeća, premda se tehnika vjerojatno razvila nekoliko stoljeća ranije. Egipćani su mnogo ranije koristili papirus, ali su Kinezi prvi napravili pravi papir iz kaše za papir ulijevane u kalupe. Izrađivan je isprva od starih krpa, a ubrzo je kvalitetniji papir izrađivan od kore duda. U početku nije korišten za pisanje, već za svrhe poput umatanja. No već je u 3. st. posve zamijenio svilu, bambus i drvo kao podloge za pisanje. Do 8. stoljeća već su papirnat vrećice korištene za čuvanje čaja, a izrađivan je i toaletni papir (barem od 6. st., izrađivan od rižine slame, mek i jeftin). Između ostaloga, papir je korišten za izrezivanje

ukrasa, za lepeze i kišobrane, za odjeću, posjetnice, zmajeve, sjenila za svjetiljke, ubruse, igraće karte, papirnati novac.

Proizvodi od papira su se u Europi pojavili u 10. st., posredstvom Arapa u Španjolskoj.

Kineska je birokracija ovisila o pisanju, literarnoj tradiciji i knjižnicama, koje su postojale već u dinastiji Shang, u drugom tisućljeću pr. Kr. Premda se papir rano pojavio u kineskom društvu, tehnika uzimanja otisaka putem trljanja izrezbarenih natpisa je odložila pojavu tiska do prvog desetljeća 7. stoljeća. Tiskom su se isprva naprosto reproducirali pečati za vjerske talismane. Prva knjiga tiskana pomoću čitavih stranica izrezbarenih na drvenim blokovima se pojavila 868. godine, a tehnika tiska se je uskoro pokazala korisnom vladi, koja ju je rabila za tiskanje novca, službenih dekreta te priručnika, primjerice za medicinu i farmaciju. Službene tiskare su izdavale klasike koje je valjalo izučavati u svrhu pripreme ispita za činovnike i kineska je vlada u cjelini stvorila dojmljivu količinu tiskanog materijala za potrebe birokracije. Primjerice, prvi car dinastije Sung je naredio pripremu kompilacije budističkih tekstova, a dovršeni je posao uključivao 130 000 drvenih blokova na kojima su bile dvije stranice, i 5048 svezaka. Godine 1403. je službena kineska enciklopedija brojala 937 svezaka, a ona iz 1609. godine 22 000 svezaka, koje su napisale 2000 autora.

Kinezi su oko 1045. godine izumili pokretni slog, a slova su isprva bila načinjena od keramike. Ta je tehnika dalje razvijena u Koreji, gdje je vlada 1403. godine raspolagala s 100 000 izlivenih brončanih kineskih znakova. No pokretni slog se je, u usporedbi s drvenim blokovima, pokazao nepraktičnim, s obzirom na kineski način pisanja piktogramima i stoga na potrebu za tisućama različitih znakova. Tiskanje blokovima se je stoga pokazalo ne samo jeftinijim i efikasnijim, već je omogućivalo i ilustriranje, često u više boja. Sposobnost reproduciranja slika je stavilo Kinu daleko ispred Zapada u tehnici tiskanja, čak i nakon što je Gutenberg razvio pokretni tisak u Europi.

6.3.3. Hidraulika

Sljedeća temeljna tehnika koja je podupirala kinesku civilizaciju bila je hidraulika. Već smo se susreli s bitnom ulogom poljodjelstva s navodnjavanjem, kad smo razmatrali početni nastanak civilizacije duž rijeke Hwang-Ho u drugom tisućljeću pr. Kr. Premda su mnogi kanali i nasipi već postojali u Kini iz ranijih vremena, prvi elementi prema unutrašnjosti usmjerenog sustava kanala na razini carstva su se pojavili oko 70. godine. Godine 608. inženjeri su dovršili gotovo 700 km dug kanal od Loyanga do Pekinga, a do 12. stoljeća u Kini je bilo oko 50 000 km plovnih vodenih putova i kanala. Samo se je Veliki kanal, dovršen 1327., protezao duž 2000 km, od Hangchowa na jugu do Pekinga na sjeveru. Kad je na vlast došla dinastija Ming (1368.), vlada je popravila 40 987 rezervoara i pokrenula golemi pothvat pošumljavanja, sadeći milijardu stabala da bi spriječila eroziju tla i osigurala izvor drva za mornaricu.

Takvi dojmivi pothvati nisu bili mogući bez središnje vlasti koja je organizirala gradnju, prikupljala poreze i raspodjeljivala ratarske viškove. Kanali su omogućili da se riža brodovima prevozi od plodnih područja na jugu do političkog središta na sjeveru. Jedan izvještaj navodi da se u 11. stoljeću godišnje prevozilo 400 000 tona zrnja. U doba dinastije Ming je po vodenim putovima unutar Kine plovilo 11 700 brodova s 120 000 mornara. Očigledno je bilo potrebno uložiti zamašan trud u održavanje i jaružanje, što je izvedeno putem tlake, a zanemarivanje hidrauličkih sustava je nužno vodilo do gladi i političkih nemira.

6.3.4. Lončarstvo – porculan

Lončarstvo je bilo drevno umijeće, koje je nakon 11. stoljeća doseglo prije neviđene umjetničke vrhunce. Carska je vlada posjedovala vlastite peći i radionice na industrijskoj razini, koje su zapošljavale tisuće obrtnika i masovno proizvodile kako svakodnevnne, tako i luksuzne proizvode.

U 7. st. su kineski lončari otkrili da se silikatni mineral glinenac može inkorporirati u glineno posuđe, što je dalo primitivni tip porculana. Porculanska je roba usavršena u 13. stoljeću, miješanjem »kineskog kamena« (kamena koji sadrži glinenac) i kaolina, bijele kineske gline, te te pečenjem na vrlo visokim temperaturama (do 1450° C).

Trajno umijeće i tehnika kineskog porculana je jedno od velikih kulturnih postignuća doba Sunga i Minga. Oni odaju bogato i kultivirano društvo, i zapravo je keramika postala glavni predmet unutrašnje i vanjske trgovine te izvor poreznog prihoda za državu. Kineska keramika je našla put kroz islamski svijet do Afrike. Od srednjega vijeka Europljani su čeznuli za kineskim porculanom i nastojanja da se kopira kineska tehnika izrade keramike dala su poticaj keramičkoj industriji Europe u doba industrijske revolucije u 18. stoljeću.

6.3.5. Tkanine – svila

Izrada tkanina je još jedna od glavnih industrija tradicionalne Kine. Primjerice, jedan je car iz dinastije Sung iz 12. stoljeća kupio i primio kao porez ukupno 1 170 000 bala svilene tkanine. Kinesku tekstilnu industriju valja spomenuti napose zbog njezine mehanizacije. Izvori pokazuju da je od 1035. u Kini postojao kolovrat (preslica na kotač koji se pokreće nogom), a kineski su inženjeri također načinili i razrađene strojeve za namatanje pokretane vodom, u svrhu razmotavanja čahura ličinki svilca i namotavanje svilenih niti na kaleme, za tkanje u tkaninu.

Vlakno svile proizvodi kineski dudov svilac (*Bomby mori*) koji se hrani dudovim lišćem. Pronađeni su ostatci manufakture za proizvodnju svile iz oko 2600. pr. Kr.

Svila je postala prvi proizvod kojim se trgovalo na velike udaljenosti, između Kine i Bliskoga istoka. Prvi dokazi o postojanju svile na Bliskom istoku potječu s egipatske mumije iz oko 1000. pr. Kr. Oko 600. pr. Kr.

Babilon je s Kinom spojila karavanska ruta zvana »Put svile«. Za antičku i srednjovjekovnu Europu svila je bila luksuzna tkanina bez premca. Stoljećima je Put svile bio jedina stalna veza Istoka i Zapada.

6.3.6. Kovinarstvo i rudarstvo

Kineska superiornost u proizvodnji željeza također pomaže u obrazlaganju blistavosti njezine civilizacije. Kineski su se metalurzi rano okrenuli željezu, vjerojatno zbog ograničenih izvora bakra i kositra za broncu. Do 117. pr. Kr. proizvodnja željeza je postala državna djelatnost, s 48 ljevaonica, od kojih je svaka zapošljavala tisuće industrijskih radnika. Godine 806. proizvedeno je 13 500 tona željeza, a 1078., u doba Sunga, već 125 000 tona, bez sumnje zbog porasta potreba vojske (za usporedbu, Engleska je 1788. godine, kad je industrijska revolucija već započela, proizvela 68 000 tona željeza). Tehnički inovativna i napredna, kineska industrija željeza je koristila mjhove pokretane vodom (od 31. pr. Kr.) i talila rudu pomoću koksa (djelomično izgorjelog kamenog ugljena) već do 11. stoljeća, nekih 700 godina prije nego što su se slični postupci pojavili u Europi. Takva je superiorna tehnika davala vladarima dinastije Sung 32 000 oklopa i 16 000 000 željeznih vrhova za strijelice godišnje, kao i željezna poljoprivredna oruđa. Oko 1000. su razvijene poboljšane metode dobivanja čelika. Korištena je napose metoda djelomične dekarbonizacije željeza i ponovljenog kovanja. Proizvodnja željeza je bila tolika da je ugrozila šume. To se je promijenilo u 11. stoljeću, kad se umjesto drvenog ugljena počeo rabiti koks.

Željezo se je u Kini počelo koristiti kasnije nego na Zapadu, oko 500. pr. Kr., no u metalurgiji su Kinezi krenuli putem različitim od ostalih civilizacija. Na drugim je mjestima, kao što smo vidjeli, ruda najprije užarena i potom udarana čekićem, što je izbacivalo nečistoće i davalo kovano željezo. Kinezi su pak već u 4. st. pr. Kr. razvili tehniku lijevanja željeza, tj. proizvodnje rastaljenog metala koji se mogao lijevati u kalupe. To je bilo moguće stoga što je željezna ruda raspoloživa u Kini imala relativno niže talište (veći udio fosfora u rudi) i što su Kinezi razvili mjhove koji su mogli davati stalnu struju zraka u visokim pećima od kvalitetne gline. Takve su se visoke peći u Europi pojavile tek 1500 godina kasnije.

Industrijsko bušenje u Kini seže u 5. st. pr. Kr. Bili su to široki i prilično plitki bunari za iskorištavanje izvora rasola, otopine soli. Već 300. godine su se bušenja zbog rasola i zemnog plina (kojeg je glavni sastojak metan) izvodila do dubine od 200 m. Na zapaljenom plinu se kuhao rasol, da ispari voda i ostane sol. Do dinastije T'ang (618. – 906.) dubina bušotina je dosegla 250 m. Tehnika bušenja: najprije bi se lopatama kroz zemlju do kamena iskopalo okno; okno bi se napunilo kamenjem, s rupom u sredini, savršeno centriranom i širokom 25 – 30 cm; tada bi počelo bušenje svrdlom od lijevanog željeza obješenog za bušači toranj konopcima od bambusovih vlakana.

Ugljenokopi u Kini postoje od doba Zapadne dinastije Han (202. pr. Kr. – 9. pr. Kr.), a do 1000. su se jako razvili. Rudnik kod Hebija, u Henanu, imao je glavno okomito okno duboko 45 m, od kojeg su se širile galerije do

ugljenonosnog sloja. Iskopani je ugljen košarama s konopcima izvlačen na površinu.

6.3.7. Barut i vojna tehnika

Izum baruta u Kini sredinom 9. stoljeća i, što je još značajnije, korištenje baruta u vojne svrhe, s početkom u 10. stoljeću, preusmjerilo je tijek kineske i svjetske povijesti. Čini se da je barut proizašao iz tradicija kineskih alkemijskih istraživanja, a njegova početna uporaba za vatromet nije bila zamišljena u vojne svrhe, već kao sredstvo tjeranja demona. No već oko 950. se počeo rabiti u vojne svrhe. Vojni inženjeri dinastije Sung su pak, kad se pojavila opasnost od vanjske invazije, poboljšali formulu baruta i razradili vojne primjene u obliku raketa, granata, bombi i mužara.

Korištene su cijevi od bambusa – prve »puške« – koje su izbacivale olovne kuglice i kamenje. Kasnije su cijevi od bambusa zamijenjene cijevima od lijevanog željeza. Topovi su izrađivani od bronce i lijevanog željeza i izbacivali su olovne kugle punjene barutom, a pojavljuju se oko 1350. godine, kasnije nego u Europi. Najranije osobno vatreno oružje je zabilježeno 1288. godine. Korištene su i mine koje su se polagale, nagazne mine.

Prema nekim autorima, pak, barut se pojavio već u 4. stoljeću. Prema njima, postoje indikacije o eksperimentiranju s različitim kemikalijama sličnim onima koje se koriste za barut i u ranijim tekstovima, ali oko 300. se spominje uporaba salitre (kalijev nitrat), drvenog ugljena i sumpora.

6.3.8. Kompas

Za razliku od papira, magnetski kompas je bio naprava bez koje je kineska civilizacija mogla živjeti isto kao i s njom, ali ovaj slučaj ilustrira ono malo veza između znanosti i tehnike u tradicionalnoj Kini. Tajnovita svojstva magnetnog kamena – prirodni magnetizam minerala magnetita – bila su poznata do 300. pr. Kr. i isprva su korištena kao sredstvo proricanja. Do 100. pr. Kr. je postalo poznato da se magnetna igla usmjerava duž pravca sjever-jug i to je svojstvo korišteno u geomantiji ili umijeću »feng-shui«, tj. pravilnom postavljanju kuća, hramova, grobnica, cesta i drugih građevina. Kasnije se pojavila razrađena naturalistička teorija koja je objašnjavala gibanje magnetne igle kao odziv na strujanje energije kroz i oko Zemlje, što je primjer koji pokazuje da tehnika ponekad potiče spekulacije o prirodi, a ne samo obratno, kako se danas uobičajeno misli.

U Kini su kasnije magneti proizvođeni na različite načine: trljanjem željeza magnetitom ili magnetiziranim željezom, kovanjem zagrijane željezne trake postavljene u smjeru sjever-jug te naglim uranjanjem zagrijane željezne šipke, postavljene u smjeru sjever-jug, u vodu.

Prvi pouzdani prikaz primitivnog, ali uporabivog kompasa, »sinana«, nalazi se u knjizi iz 83. godine, dok ostali izvori sežu možda i do 4. st. pr. Kr. Komad magnetita bi se izdubio u oblik zaimače, koja bi se postavila na kamenu ploču ravne, uglačane površine, a drška bi se potom usmjerila

prema jugu. Izvori navode da je osim u geomantiji korišten i za orijentaciju tijekom putovanja.

Moguće je da se je kompas s magnetnom iglom pojavio već u 8. st. (magnetizirana željezna igla je na komadiću drva plutala na vodi ili je bila obješena na svileni konac). Pouzdani opis magnetne igle dao je Shen Kua u 11. stoljeću, koji je odredio odstupanje geografskog juga od magnetnog, omogućivši korisniju uporabu kompasa u plovidbi morem. On je u djelu od 1086. napisao »mag trlja vršak igle magnetitom pa ona počinje pokazivati na jug«, te »igla počesto pokazuje malo istočnije od juga i ne točno prema jugu«. Do kraja 13. st. je već odklon magnetskog juga od zemljopisnog bio jasno naznačen na kompasnim pločama.

Prototip današnjeg kompasa opisan je u knjizi *Vodič kroz šumu poslova*, iz doba dinastije Južni Sung (1127. – 1279.). To je »suhi« kompas s čvrstim uporištem – figurica kornjače u kojoj je bio skriven mali magnet bila je nasadena na bambusov šiljak.

Izvori ne potvrđuju pouzdano redovitu uporabu kompasa kao pomagala za plovidbu morem u Kini sve do doba Sunga, početkom 12. stoljeća. Najstariji opis potječe iz teksta nastalog oko 1113., a koji se bavi događajima u luci Kanton krajem 11. st.: »peljari se noću ravnaju po zvijezdama, a danju po Suncu; kad zavlada mrak pogledavaju na iglu što pokazuje na jug«.

Neki nalazi pak ukazuju na mogućnost da su postojali i stariji oblici kompasa od ovih Kineskih. U Meksiku, u nalazištu ostataka naroda Olmeka iz vremena 1400. pr. Kr. – 1100. pr. Kr., je nađen fragment lijepo izdubljene šipke hematita (mineral željeza sličan magnetitu), dug 3 cm i s brazdom po sredini. Ostavljen da pluta na živi ili vodi (na plutenoj podlozi) zauzima položaj oko 35° zapadno od magnetnog sjevera. Neki smatraju da je to ostatak duljeg komada koji bi pokazivao približno na sjever, tj. ostatak prastarog kompasa.

6.3.9. Brodogradnja

Kina je kasno postala velika pomorska sila, ali od 12. stoljeća do početka 15. stoljeća je razvila najveću ratnu mornaricu na svijetu i postala najveća svjetska pomorska sila. Ratnu mornaricu dinastije Sung su činile stotine brodova i tisuće mornara. Kublai Kahn, mongolski osnivač dinastije Yüan, pokušao je 1281. invaziju na Japan s mornaricom od 4400 brodova. Ratna mornarica dinastije Ming je godine 1420. brojala 3800 brodova, od čega 1300 borbenih.

Dinastija Ming je pokrenula državni projekt gradnje brodova te je između 1403. i 1419. izgradila 2100 plovila u državnim brodogradilištima. Ti su brodovi bili najveličanstvenija, najčvršća i najsigurnija, najstrašnija i tehnički najnaprednija plovila na svijetu – imali su kompas, nepropusne pregrade, do četiri palube, 4 do 6 jarbola, te nedugo prije toga izumljeno krmeno kormilo. Najveći je dosezao 100 metara duljine i deplasman (istisnuće) od 1500 tona, tj. pet puta više od tadašnjih europskih brodova. Bili su naoružani topovima, a posadu je činilo do 1000 mornara.

Dinastija Ming je koristila tu ratnu mornaricu da učvrsti kinesku nazočnost u vodama južne Azije i u Indijskom oceanu. Između 1405. i 1433. pokrenuto je 7 velikih pomorskih ekspedicija koje je vodio admiral Cheng Ho (ili Zheng He). S nekoliko tuceta brodova i više od 20 000 ljudi plovio je do Vijetnama, Tajlanda, Jave i Sumatre, te do Cejlona i Indije, u Perzijski zaljev i Crveno more, do Jedde i Meke, kao i uz istočnu obalu Afrike, možda do Mozambika. Čini se da je svrha tih ekspedicija bila politička, tj. da se ustanovi autoritet i moć dinastije Ming i barem u jednom slučaju je u tu svrhu rabljena sila. Tom je inicijativom dinastija Ming stekla stanovit broj vazalnih država i barem su dvije egipatske diplomatske misije putovale u Kinu.

No tom je pomorskom zamahu naglo došao kraj. Državna je brodogradnja prekinuta 1419., a uredbom iz 1433. je označen kraj prekomorskih ekspedicija. Nitko ne može reći kakav bi bio tijekom svjetske povijesti da su Kinezi zadržali nazočnost u Indijskom oceanu i potjerali Portugalce, kad su ovi svojim brodićima stigli tamo krajem 15. stoljeća. Ponuđeno je više objašnjenja za taj zaokret kineske politike. Prema jednom tumačenju, Kinezi su prekinuli prekomorske avanture stoga što je Cheng Ho bio musliman i eunuh, što ih je podsjećalo na porobljivačke godine vladavine Mongola (Yüan dinastija) i bilo jako nepopularno u nacionalističkoj dinastiji Ming. Drugi vide ekspedicije više kao osobne inicijative dvaju Ming careva, a ne kao nešto što je organski izraslo iz onodobnog kineskog društva i gospodarstva. Iznesen je i jaki tehnički argument. Obnova Velikog kanala, između 1411. i 1415., i izgradnja dubokih ustava na njemu 1417., omogućili su cjelogodišnju vezu između rijeke Yangtze i Žute rijeke. Kao posljedica toga, Ming su prenijeli svoj kapital iz Nankinga na jugu u Peking na sjeveru, što je uklonilo potrebu za snažnom ratnom mornaricom.

Kineska je brodogradnja razvila plovila pokretana kolom s lopaticama (u osnovi vodeničko kolo) koje se vrtjelo gaženjem pedala. Tipična kineska vodenička kola bila su horizontalna (taj je stil gradnje prevladavao istočno od Perzije), ali su Kinezi rabili i vertikalna kola. Takva su kola, primjerice, već u 3. st. pokretala teške čekiće u kovačnicama te čekiće za ljuštenje riže i mrvljenje rude. Bili su poznati i plutajući mlinovi, poput onih antičkih, i moguće je da su upravo oni nadahnuli izradu takvih plovila. Tako izvještaj iz 418. opisuje ratne brodove koji plove rijekom, a na njima se ne vide ljudi koji ih pokreću, jer su skriveni u utrobi broda. Gradnja takvih brodova dosegla je vrhunac u doba dinastije Sung, početkom 12. st., kad je izgrađen brod s posadom od 200-300 ljudi, 11 kola sa svake strane i krmenim kormilom.

6.3.10. Mehanika i mehanički sat

Potreba za preciznim satom se je u Kini pojavila stoga što je trebalo odrediti točno vrijeme začeca potencijalnih prijestolonasljednika, kako bi dvorski astrolozi mogli otkriti sve kozmičke utjecaje koji djeluju na dječake i tako odrediti najboljeg kandidata.

Oko 725. godine je kineski obrtnik-inženjer Linag Ling-Tsan izumio prvi mehanički zapinjač, ključni regulatorni element svih mehaničkih satova. Naime, svaki mehanički sat zahtijeva tri bitna elementa:

- 1) izvor energije, što može biti voda, utezi ili opruga;
- 2) zapinjački mehanizam, tj. nešto što omogućuje polagano oslobađanje energije;
- 3) skup zupčanika za kontrolu brzine.

Na temelju zapinjača se razvila mala tradicija izrade satova i planetarija – »orarija«.

Tako je matematičar I-Hsing načinio astronomski instrument sa satnim mehanizmom i nazvao ga *Sferična karta nebesa iz ptičje perspektive na vodeni pogon*. Pogon je davala voda, ali je gibanjem upravljala mašinerija. No, ubrzo su metalni dijelovi počeli korodirati, a za hladna vremena bi se voda smrznula.

Godine 976. je Chang Ssu-Hsün načinio sat u kojem je vodu zamijenio živom, ali o njemu vrlo malo znamo.

Ta je tradicija dosegla vrhunac krajem 11. stoljeća, kad je Su Sung (1020. – 1101.), diplomat i činovnik u službi dinastije Sung, dobio naredbu od vlade da izgradi stroj koji će oponašati nebeska gibanja i omogućiti ispravljanje nedostataka službenog kalendara. Su Sungov astronomski sat iz 1088., *Kozmički stroj*, je bio visok 13 m, pokretala ga je voda, a u njemu je prvi put korišten beskrajni lanac. Tu imamo primjer tehnike iskorištene za službu znanosti i istraživanja. No stroj je uskoro pretrpio premještanje zbog osvajanja (1126. su ga tatarski osvajači rastavili i prenijeli u Peking), zatim je 1195. u njega udario grom, nakon čega je popravljen, ali je do sredine 13. st. zbog nedostatka mehaničara dovoljno vještih da ga popravljaju posve propao. To je bio kraj kineske umješnosti mehaničke horologije, pa su Kineze zapanjili europski mehanički satovi koji su tamo stigli u 17. stoljeću.

Čini se da je prvi odometar – naprava koja mjeri prijeđeni put – u Kini načinjen u 1. st. pr. Kr. kao mehanička igračka, naprava korištena u carskim povorkama, koje su kotači okretanjem pokretali bubnjeve. Kasnije kotači i zupčanci složeni tako da mjere prijeđeni put (zvono bi zazvonilo nakon prijeđenog zadanog puta). Opis takve naprave potiče iz 11. st.

Iz tog perioda možda datira i diferencijal, one vrste koja se koristi u modernim vozilima. Diferencijali se koriste da reguliraju kotače koji se gibaju različitim brzinama tijekom zakretanja vozila. Moguće je da je korišten u »kolima koja pokazuju jug« iz 3. st. – složeni mehanizam je iskorišten tako da kip na kolima uvijek pokazuje u istom smjeru – kao kompas bez magneti.

6.3.11. Graditeljstvo

Ceste i mostovi

Prva službena cesta bila je izgrađena u Kini u 9. st. pr. Kr. Krajem 3. st. pr. Kr. ukupna duljina kineskih cesta je iznosila oko 6800 km. Prvi car čitave Kine, Shih Hunag Ti (221. pr. Kr. – 210. pr. Kr.) je standardizirao razmak među kolničkih kotača na oko 1,5 m i izgradio mnoge ceste s devet

kolovoznih traka, od kojih je središnja bila rezervirana isključivo za cara i carsku obitelj. Oko 200. pr. Kr. već je postojalo oko 30 000 km carskih cesta.

Tijekom 6. st. Kinezi su počeli graditi trajne viseće mostove, koristeći željezne lance. Takvi su se mostovi u Europi počeli graditi tek krajem 18. st.

Plovni kanali

»Kanal divljih gusaka«, 5. st. pr. Kr., spojnica Žute rijeke i rijeka Pien i Ssu, dug 420 km.

Pod prvim carem, Shih Hunag Ti (221. pr. Kr. – 210. pr. Kr.), je kopanje 190 km dugog »Magičnog kanala« kroz planinski lanac povezalo sjevernu i južnu Kinu i stvorio 2000 km neprekinutog plovnog puta.

Gradnja »Velikog kanala« započela je 70., a on je do 1327. dosegnuo duljinu od 1700 km. Bio je dubok 3 – 10 m, na mjestima širok 30 m.

Zidovi

Veliki zid je dug 3300 km, s 2860 km ogranaka i odvjeta. Nastao je iz zemljanih brana koje su u 4. st. pr. Kr. nasula sjevernokineska kraljevstva za obranu od nomada iz srednjoazijskih stepa. Prvi kineski car Shih Hunag Ti (221. pr. Kr. – 210. pr. Kr.), je postojeće dionice povezao s 800 km novog zida i tako stvorio neprekidnu barijeru duljine oko 2000 km. Zid je kasnije pojačan dodavanjem kula od opeke. Krajem 15. stoljeća (dinastija Ming) zid je obnovljen, ovaj put od kamena, visine do 12 m, a debljine do 10 m, s 25 000 stražarskih kula.

6.4. Zastoj tijekom dinastije Ming

Iz ovog ili onog razloga, Kina iz doba dinastije Ming (1368. – 1644.) se je okrenula prema unutra i došlo je do stanovite tehničke stagnacije. Kina je ostala velika i moćna civilizacija, ali više nije bilo one dinamičnosti i inovativnosti kao u doba Sunga. Tehničke će novine ponovno pokrenuti Kinu tek kad se je početkom 17. stoljeća susrela sa Zapadom.

Za razliku od ekspanzivne i inovativne dinastije Sung, ili otvorenih Mongola, Kina u doba Minga se je okrenula prema unutra i razvila izolacionističku, konzervativnu politiku. Dva stoljeća nakon vrhunca kineske algebre u doba Sung kineski matematičari više nisu razumjeli stare tekstove; stoljeće nakon što je umro Su Sung nitko više nije znao niti popraviti, a kamoli izraditi, njegov sat.

7. Islamska civilizacija

7.1. Nastanak arapske države

Arabiju su nastanjivali Beduini, hrabri ratnici koje su rimski carevi rado uzimali u službu. No njihova su se plemena stalno međusobno sukobljavala te stoga dugo nisu stvorili čvrstu zajednicu. Preobražaj Arapa izveo je Muhamed, rođen u Meki krajem 6. st. Bio je trgovac i na putovanjima se je upoznao s učenjima Židova i kršćana. U njemu su se stopili arapski nacionalni osjećaj i strast za osnivanjem religije: islam je i religija i nacionalno djelo. Arapi su se klanjali idolima i stalno međusobno ratovali. Muhamed ih je učio da se klanjaju jedinom bogu, Alahu.

U Meki je Muhamed govorio prijateljima o vizijama arhandela Gabrijela, koji mu je diktirao svete tekstove, i o novoj vjeri koja se je počela oblikovati u njemu. Tu je stekao malu zajednicu pristaša, ali i mnoge neprijatelje. Godine 622. pozvan je u Medinu da presudi u sporu između dva plemena. Tu je zadaću sjajno obavio i time počinje njegov uspon. Propovijedao je plemenima novo učenje i ona su ga prihvaćala.

Kad je 632. Muhamed umro, Arabija je već najvećim dijelom bila ujedinjena pod novom religijom. Nakon njegove smrti njegovo je učenje kodificirano u Kuranu: vjerni (*muslimani*) moraju se predati neizmjenljivoj volji Alaha (*islam* znači predanost) te dobrim djelima i borbom za islam steći mjesto na nebu. Muhamed je učio i provodio u praksi nužnost svetog rata i prisilnoga preobraćenja.

Muhamedovi nasljednici, *kalifi*, prenijeli su potom borbu za novo učenje daleko izvan granica Arabije. Perzija je pala pod vlast islama 641., Sirija, Palestina i Egipat 642. Od Istočnog Rimskog Carstva otrgnuta je čitava sjeverna Afrika. Godine 711. je Tarik prešao Gibraltar (*Džebel Tarik*) i uništio vojsku zapadnogotskoga kralja. Uskoro su Arapi ovladali cijelom Španjolskom. Tako je nastala najveća država u dotadašnjoj povijesti – od Inda do Pirineja. Sjeverna Afrika, koja je stoljećima bila gotovo dio Europe, sada je to zauvijek prestala biti. Prekinute su i trgovačke veze kroz Sredozemno more. Na Istoku se je još s mukom držala bizantska flota, ali je Zapad postao arapsko more. Spisi s Istoka gotovo da više nisu mogli stizati u Rim ili u Franačko carstvo. Neki smatraju da je upravo to pravi kraj antike.

Godine 717./718. je Lav III. odbio kod Carigrada napade brojno nadmoćnih Arapa. Nešto kasnije, 732., je majordom franačkog kralja Karlo Martel porazio arapsku vojsku u južnoj Francuskoj. Ti su porazi uglavnom prekinuli širenje Arapa. Teritorijalno širenje je postupno dovelo i do širenja muhamedanske vjere. Arapi su smatrali da opstanak vladajućeg naroda počiva na radu pokorenog stanovništva, a tko je prešao na islam bio je oslobođen poreza i time je smanjio prihode vladajućeg sloja. To je ekonomska pozadina vjerske tolerancije. Ali učenje islama postupno se probijalo u šire slojeve. Jedinostvena vlast od Portugala do središnje Azije je dovela do

oživljavanja trgovine i cvjetanja privrede. Stari su gradovi oživjeli, a novi su utemeljeni. Od Kineza je preuzet niz izuma nepoznatih Grcima i Rimljanima, poput čelika, svile, porculana i papira.

7.2. Islamska civilizacija i grčka znanost

7.2.1. Heleniziranje islamske civilizacije

Zlatno doba islamske znanosti traje od 8. stoljeća do sredine 13. stoljeća. Kalifi dinastije Omejada (Omej je postao kalif 644.) su vladali iz Damaska u Siriji. Tu je dinastija Omejada došla u dodir s obrazovanim Sirijcima i Perzijancima, koji su im služili kao tajnici i činovnici. Time je pomalo počelo heleniziranje islama. Čitavu administraciju Omejadskoga kalifata u Damasku vodili su grčki činovnici, na grčkom.

Proces heleniziranja je ubrzan nakon godine 749., kada je na vlast došla dinastija Abasida. Kalif al-Manzur je godine 762. sagradio novi glavni grad, Bagdad, na rijeci Tigris. Grad je postao poznat po relativno intelektualnoj, sekularnoj i tolerantnoj klimi. Carstvo se počelo transformirati u centraliziranu državu, za što je bila potrebna administrativna birokracija. Takvu birokraciju nisu mogli činiti ratnici, pa su se kalifi okrenuli obrazovanim Perzijancima, uglavnom onima koji su prešli na islam, a koji su pak bili impregnirani grčkom učenošću.

Prevođenje djela s grčkog i sirijskog na arapski počelo je pod al-Menzurom, ali je postalo ozbiljan posao pod njegovim unukom Harunom ar-Rašidom (786. – 809.), koji je poslao agente u Bizant po spise. Harunov sin al-Mamun (813. – 833.) je u Bagdadu osnovao istraživački institut, *Kuću mudrosti* (*Dar el Hikhma*), gdje su prevođenja dosegla vrhunac.

Do godine 1000. gotovo je čitav korpus grčke medicine, filozofije prirode i matematičkih znanosti bio preveden na arapski. Prevedena su i mnoge perzijske i indijske knjige, ali one kasnije nisu prevedene na latinski i bile su stoga izgubljene za Zapad.

7.2.2. Poticaj za preuzimanje grčke znanosti

Prevođenja na arapski su potaknuli vladari. Vjerovali su da grčka učenost ima neku vrijednost, da služi nekim svrhama. No islamska religijska ideologija nikada nije prigrlila znanje zbog njega sama; kao i u srednjovjekovnoj Europi, znanost je prosuđivana prema vrijednosti njezine uporabivosti. Medicina je, primjerice, očigledno primjenljiva i prijevodi medicinskih djela su bili među prvima. S druge strane, učena grčka medicina zahtijeva filozofske temelje, napose filozofiju prirode. Prevoditelji i njihovi pokrovitelji su uvidjeli da potpuno ovladavanje grčkom medicinom zahtijeva šire poznavanje grčke misli, uključujući platoničku i aristotelsku filozofiju.

Također je bila više-manje očigledna primjenljivost astronomije, astrologije, matematike, alkemije, a donekle i filozofije prirode. Naposljetku, postojali su pokušaji izgradnje skolastičke teologije prožeti grčkom logikom i metafizikom. Stoga se čini da su prijevodi gotovo svih grčkih medicinskih, matematičkih ili filozofskih djela mogli biti ocijenjeni, uz malo natezanja, kao vrijedni za korisne svrhe.

7.2.3. Položaj grčke znanosti u islamskoj kulturi

Nije postojala nužna veza između prijevoda nekog djela na arapski i njegova širenja ili uklapanja u islamsku kulturu. Prijevod zahtijeva samo prevodioca i možda pokrovitelja, dok je širenje i preuzimanje šira kulturna pojava. Uvijek je bilo otvoreno pitanje korisnosti. Za muslimane je znanje uvijek bilo prije sredstvo negoli cilj, podređeno osobnom spasu, stjecanju mudrosti (u religijskom smislu) i općem državnom dobru. Druga je prepreka bilo strano podrijetlo i racionalna narav grčke znanosti. Muslimani su podijelili učenost na dvije kategorije: *tradicionalnu* i *inozemnu* ili racionalnu.

Tradicionalne discipline bile su one koje su se temeljile na Kuranu: gramatika, poezija, povijest, teologija i pravo. One su počivale na božanskom autoritetu i često su poučavane oralno. Inozemne discipline, naučene od Grka, bile su ljudskoga, a ne božanskoga podrijetla. Bile su prihvaćane razumom, a ne na temelju autoriteta ili tradicije. Prenošene su prvenstveno putem pisane riječi i podložne kritičkim komentarima i ispravkama. Konzervativni ljudi su uvijek inozemne znanosti vidjeli kao prijatnu. Filozofija kao takva bila je sumnjiva, jer ju je bilo teško pomiriti s Kurantom.

O položaju inozemnih znanosti u islamu nema slaganja među povjesničarima. Dva shvaćanja prevladavaju:

Prema jednom od njih – *teza o marginalnosti* – inozemne znanosti je velika većina muslimana uvijek smatrala nekorisnima, stranima i vjerojatno opasnima. Prema toj tezi grčka učenost nije zadovoljavala nikakve fundamentalne potrebe i bila je isključena iz razvoja obrazovnog sustava, stoga se nikada nije dublje integrirala u islamsku kulturu i preživjela je samo na margini.

Po drugom je tumačenju grčka znanost bila prilično dobro prihvaćena u islamu, iako se priznaje postojanje nepovjerenja i neprijateljstva. Islam nije odbacio inozemnu učenost, već je, unatoč konzervativnoj opoziciji, poduzeo zamašan program oživljavanja i kultiviranja. Mogu se naći mnogi primjeri integriranja grčkih disciplina u tradicionalnu učenost i islamsku kulturu. Prema tom tumačenju islam je, unatoč postojećoj opoziciji, uspješno prisvojio velike dijelove inozemne učenosti. Inozemne znanosti nisu porazile tradicionalne discipline, već su im služile kao pomagačice.

Teza o marginalnosti je u strogom obliku vjerojatno neodrživa. Njegovanje grčke filozofije prirode i matematičkih znanosti bilo je odveć prošireno i uspješno da bismo ga mogli proglasiti tek marginalnim proizvodom islamske kulture. S druge strane treba imati na umu da grčka znanost ni iz daleka nije zauzimala središnje mjesto u islamskoj kulturi i da su unutar te kulture postojale sile koje su nastojale marginalizirati inozemnu učenost.

Razlika prema srednjovjekovnoj Europi je u prije svega u institucionalnoj potpori. Konkretno, grčka učenost nije u islamu nikada stekla siguran institucionalni temelj, kakav su postala sveučilišta u srednjovjekovnoj Europi u 13. st. Jedan od razloga za to je što islamske škole nisu, za razliku od onih na Zapadu, imale čvrstu strukturu i jednodolnost, napose na višim razinama obrazovanja, što je omogućavalo pojedinačnim učenjacima da ističu specijalnosti koje su željeli.

Ta je sloboda osigurala raznolikost i prostor za nastavljajuće grčke filozofije i znanosti, ali je s druge strane uzrokovala da islamske škole nikada nisu razvile kurikulum kojim bi se sustavno poučavale inozemne znanosti. Ukatko, islamski obrazovni sustav nije učinio ništa da zapriječi razvoj inozemne znanosti, ali isto tako nije učinio mnogo da ih podupre. Znanost je ostala ovisna o individualnoj potpori vladara, velikaša i bogatih trgovaca. Kad je ta potpora počela slabiti i znanost je počela propadati.

Ta sekularna i komercijalna pozadina islamske znanosti jasno ju razlikuje od srednjovjekovnog kršćanstva, gdje je pozadina znanosti bila isključivo Crkva, i čini ju sličnijom dobu europske renesanse. No renesansa je bila i vrijeme gospodarskoga uzleta, a, osim toga, učenjak je uvijek mogao, ako je htio, skrasiti se na nekom sveučilištu. To je pokroviteljstvo dvora i bogataša omogućilo lječnicima i astronomima islama da izvode pokuse i motrenja. Ono ih je također štitalo, dok je trajalo, od konzervativnih vjernika.

To udruživanje znanosti s kraljevima, bogatim trgovcima i plemićima bilo je neposredan izvor njezine snage i naposljetku njezine slabosti, jer je s vremenom znanost postala posve odijeljena od naroda, koji je sumnjao da učeni savjetnici moćnih ne smjeraju na dobro, i stoga bio lak plijen religioznih fanatika. Sve dok su cvjetali gradovi i trgovina postojala je jaka kultivirana srednja klasa, dovoljno zainteresirana za znanost da osigura napredak. Kad je to prestalo, učenjaci su postali luralice u potrazi za potporom i pokroviteljstvom.

7.2.4. Narav islamske znanosti

Arapski su znanstvenici bili vjerni učenici Grka i upravo su time muslimani ušli u zapadnu znanstvenu tradiciju i postali znanstvenici ili filozofi prirode. Muslimani nisu postali znanstvenici time što su odbacili postojeću znanstvenu tradiciju, već upravo time što su se u nju uklopili.

Za muslimanskoga je znanstvenika biti učenik značilo prihvatiti metodologiju i sadržaj grčke znanosti. Islamski su znanstvenici prihvatili i kodificirali obrazac znanosti iz kasne antike i nisu imali ni potreba ni ambicija da ga mijenjaju i revolucioniziraju. Islamska je znanost bila izgrađena na grčkim temeljima i postupala je po grčkim načelima. Muslimanski znanstvenici nisu htjeli početi od početka, već nastaviti i dovršiti grčko djelo, i bili su svjesni tog odnosa spram prošlosti i svoje pripadnosti postojećoj tradiciji. Smatrali su da trebaju dovršiti, popraviti i prenijeti postojeće antičko znanje. Al-Biruni (973. – 1048.) kaže: »Trebamo se ograničiti na ono čime su se Drevni bavili i usavršiti ono što se dade usavršiti«. Oni su pravi nastavljajući tradicije grčke filozofije prirode. To

pokazuje da je u okviru te tradicije u to vrijeme još bilo dovoljno prostora za razvoj.

To ne znači da nije bilo nikakvih inovacija i originalnosti. Muslimanski su učenjaci pokazali inovativnost i originalnost u ispravljanju, proširivanju, artikuliranju i primjeni postojećeg okvira, prije nego u oblikovanju novoga. Grčka je učenost tu zaživjela novim životom i nije tek prenesena bez izmjena. Islamska je znanost bjelodano nastavak grčke, ali je tu grčka znanost oživljena i proširena. Svojom djelatnošću i potragom za starijim i boljim autoritetima islamski su učenjaci spasili grčku znanost od dekadencije i rezignacije u koju je zapala u doba kasnoga Rimskoga Carstva. Stvorili su živu i rastuću znanost, premda ona nije dosegla vrhunce jonske filozofije prirode ili aleksandrijske astronomije. Preuzimajući dostignuća nehelenskih zemalja, poput Perzije, Indije i Kine, proširili su temelj grčke znanosti, što im je omogućilo razvoj algebre i trigonometrije te utemeljenje optike.

7.2.5. Propadanje islamske znanosti

Tijekom 13. i 14. st. islamska je znanost počela propadati i do 15. st. malo je preostalo. U tom kasnijem razdoblju nalazimo još uvijek važne pojedince, ali oni više nisu dio široko zasnovanog i živog pokreta. Razlozi takva razvoja nisu dovoljno dobro istraženi, no može se prepoznati nekoliko čimbenika koji su do toga doveli. Treba se sjetiti da napredna razina inozemnih znanosti nikada u islamu nije stekla stabilni institucionalni dom, poput sveučilišta, da su ju konzervativni religijski krugovi stalno promatrali s nepovjerenjem i da je njezina korisnost bila upitna. No prije no što su plodovi islamske znanosti izgubljeni, uspostavljeni su kontakti s kršćanskim svijetom i proces kulturalne transmisije je počeo iznova.

Prvo, jačale su konzervativne religijske sile. Ponekad je to bila otvorena opozicija, poput paleža znanstvenih knjiga u Kordobi krajem 10. st. Češće je učinak bio suptilniji, ne toliko iskorjenjivanje znanstvene aktivnosti koliko mijenjanje njezine naravi, nametanjem veoma uske definicije korisnosti. Znanost se zapravo naturalizirala u islamu, prihvaćajući uvelike ograničenu ulogu pomagačice. Time je doduše prestala biti inozemna znanost, ali je postala islamska znanost, umjesto grčke znanosti u okviru islamske kulture. To je pak podrazumijevalo gubitak interesa za mnoge probleme koji su prije smatrani važnima.

Drugo, cvjetanje znanosti zahtijeva mir, prosperitet i pokroviteljstvo. Sve je to počelo iščezavati iz srednjovjekovnog islama zbog stalnih unutrašnjih borbi i napada izvana. Na Zapadu je kršćanska *rekonkvesta* Španjolske stalno napredovala od 1065. Kršćani su osvojili Toledo 1085., Kordobu 1236., a Sevilju 1248. S istoka su nadirali Mongoli i 1258. osvojili Bagdad, dokrajčujući Abasidski kalifat. Stalni ratovi, ekonomski slom i gubitak pokroviteljstva onemogućili su uzdržavanje znanosti.

Propadanje znanosti je tek simptom općenitoga političkoga i ekonomskoga propadanja islama u izvornom obliku. Bio je to zakašnjeli učinak istih društvenih sila koje su dovele do propadanja klasične kulture. U islamu, kao i u Bizantu, su nejednakosti u bogatstvu morale kad-tad dovesti do ekonomskog sloma. Naposljetku su i islam i Bizant postali nesposobni da

izdržavaju organizaciju nužnu za kontrolu nad golemom državom. Do 10. st. počeli su se unutar sebe dijeliti i bivati sve ovisniji o lokalnim pothvatima, najprije vojnim, a onda i privrednim.

7.3. Islamska civilizacija i tehnika

Islamska je tehnika ostala slična onoj Rima i istočnih carstava. U arhitekturi su preuzeli rimski luk, a ne grčki sustav stupova i nadvratnika. Poljodjelstvo je jako ovisilo o hidrauličkom inženjerstvu, kao i u rimskim provincijama i svim civilizacijama Bliskog istoka.

7.3.1. Poljodjelstvo

Uspjeh Islama ovisio je i o njegovim ratnicima i o njegovim ratarima. Ratari su zaposjeli naplavne ravnice Mezopotamije i Egipta i – u pravoj poljoprivrednoj revoluciji – prilagodili nove i raznolike hranjive biljke mediteranskom ekosustavu: rižu, sijerak, šećernu trsku, pamuk, patlidžan, špinat, artičoku, lubenicu, naranču, limun, bananu, trputac, mango, kokosovu palmu itd. Uz pomoć dorađenih i povećanih sustava navodnjavanja te gnojenja uspjeli su produljiti plodnu sezonu i povećati produktivnost. Islamski su učenjaci ostavili niz rasprava o poljoprivredi i navodnjavanju, što pokazuje važnost tog pothvata. Također nalazimo specijalističke rasprave o devama, konjima, pčelama i sokolovima, tj. životinjama važnim islamskim ratarima i vladarima.

Arapci su uzgojili znamenitu merino ovcu, no najvažniji njihov doprinos tekstilnoj industriji bilo je širenje pamuka. Prvi su na Bliskom istoku i u Europi prihvatili pamuk za izradu svakidašnje odjeće. Od Arapa su Europljani preuzeli tehnike uzgoja i obrade pamuka.

Učinak te povećane poljodjelske produktivnosti bio je tipičan: veliki rast populacije, urbanizacija, društveno raslojavanje, politička centralizacija te državno pokroviteljstvo više učenosti. Bagdad, utemeljen 762., postao je najvećim gradom na svijetu – oko 930. ga je nastanjivalo oko 1 100 000 stanovnika. Kordoba je pod islamskom vlašću dosegla populaciju od 1 000 000 stanovnika i niz drugih islamskih gradova je brojio do 500 000 stanovnika, u dobu kad su najveći europski gradovi rijetko brojali više od 50 000 stanovnika.

7.3.2. Knjižnice i papir

Širom islamskog svijeta utemeljene su tisuće knjižnica. Samo u Kordobi ih je bilo 17, a u jednoj od njih oko 500 000 naslova. U 13. stoljeću je u Bagdadu bilo 30 vjerskih škola od kojih je svaka posjedovala knjižnicu, u Damasku ih je 1500. godine bilo 150, opet svaka s knjižnicom. Knjižnica u

Kairu u 10. stoljeću je sadržavala i do 2 000 000 knjiga. Brojne su i osobne knjižnice (jedan vlasnik kaže da mu za prijevoz knjiga treba 400 deva, drugi da mu knjige stanu u 600 kutija koje nose dva čovjeka). U oprjeci spram toga, europske srednjovjekovne knjižnice su brojale obično tek nekoliko stotina naslova. U 14. stoljeću je knjižnica Sveučilišta u Parizu brojala 2000 naslova, a u 15. st. Vatikanska knjižnica tek nekoliko stotina naslova više.

Sama ljubav prema učenosti ne objašnjava islamske knjižnice. S jedne je strane bjelodano potrebna naklonost bogatih pokrovitelja, spremnih snositi troškove. S druge strane je to proizvodnja papira, nova tehnika preuzeta od Kineza u 8. stoljeću, koja je omogućila masovnu proizvodnju papira i mnogo jeftinije knjige. Tvornice papira utemeljene su u Samarkandu nakon 751., u Bagdadu 793., u Kairu oko 900., u Maroku 1100., u Španjolskoj 1150. Samo u Bagdadu je 100 dućana prodavalo papirnate knjige (Ne tiskane, već pisane rukom! Islamska je vlast zabranila uporabu tiskarskog stroja, kad se ovaj pojavio u 15. stoljeću, uglavnom iz vjerskih razloga (strah od brzog širenja nepoželjnih tekstova)).

7.3.3. Kemija i alkemija

U kemiji su Arapi dali najveći doprinos napretku znanosti i tehnike. Taj uspjeh mogu u velikoj mjeri zahvaliti okolnosti da su uglavnom izbjegli predrasude koje su Grke držale podalje od rada rukama. Rasprave ukazuju na upućenost u laboratorijske tehnike. Radili su na temelju tradicija i praksi razvijenih u Egiptu, Babilonu, Indiji i Kini. Oni su prikupljena znanja objedinili i opskrbili ih s nekim općenitim načelima, stoga ih se može smatrati utemeljiteljima kemije – liječnici, proizvođači mirisa, metalurzi.

Kemija i alkemija su bitno napredovale u islamskom svijetu. Abu Ali ibn Sina je otkrio postupak destilacije parom početkom 11. stoljeća. Al-Biruni je načinio prve laboratorijske tikvice. Islamski su učenjaci proučavali, klasificirali i proizvodili mnoge tvari koje su korištene kao lijekovi.

»Otac kemije« - Abu Musa Jabir ibn Hayyan – je tijekom 8. stoljeća došao do mnogih važnih otkrića. Uveo je u alkemiju eksperimentalnu metodu i pronašao mnoge kemijske procese, od kojih su najvažniji sinteza dušične kiseline i klorovodične kiseline. U to je doba razvijen postupak destilacije, a među proizvodima destilacije bili su alkohol i petrolej.

7.3.4. Mehaničke inovacije

U tom je području daleko najznačajniji pojedinac bio Ibn Ismail ibn al-Razzaz al-Jazari, koji je živio krajem 12. i početkom 13. stoljeća. Njegova knjiga *Knjiga znanja o genijalnim mehaničkim napravama* sadrži pedesetak mehaničkih izuma, s detaljnim opisom i crtežima. Popis naprava koje je izumio je dugačak, a uključuje razne automate, mehanizme sa zupčanicima i naprave za podizanje vode. Među njegove najvažnije izume ubraja se koljenasta osovina, koja pravocrtno gibanje klipa pretvara u vrtnju kotača. Tu napravu neki smatraju najvažnijom novinom u području prijevoza od

izuma kotača, jer je ona omogućila korištenje snage pare i benzina u motoru s unutrašnjim sagorijevanjem mnogo stoljeća kasnije (treba imati na umu da su Arapi za prijevoz velikih količina robe koristili karavane deva, a ne kola s kotačima; drugim riječima, u danim su se okolnostima deve pokazale kao mnogo bolje rješenje).

Razmatrao je ideju sisaljke s ventilom i izumio je dvocilindričnu povratnu klipnu sisaljku pokretanu vodenim kolom. Zamislio je i izradio mnoge automate na pogon vodenim kolom, koji su koristili drške sa zupcima i zupčanike, poput skupine glazbenika koji su svirali pogonjeni vodom. Također mu se pripisuje sat pogonjen vodom, brava na kombinaciju itd.

7.3.5. Optika

Ibn al-Haitam (Alhazen) iz Kaira (oko 965. – oko 1039.) je slijedio Ptolomeja u kombiniranju matematičkog, fizičkog i medicinskog pristupa optičkim pojavama. Najzanimljivije je to što je nastavio tradiciju pokusa u optici. Ta je sinteza dovela do nove teorije viđenja, zasnovane na ideji da se svjetlost prenosi od vidljivog predmeta do oka. Istraživanje oka bilo je jako razvijeno područje medicine. Kirurški pristup doveo je do zanimanja za ustroj oka. To je dovelo do prvih ideja o prolasku svjetlosti kroz prozirno sredstvo. Očna je leća ukazala na uporabu staklenih leća za uvećavanje.

Alhazenovo djelo *Optička blaga Arapa Alhazena* (naslov latinskog prijevoda) je prvo ozbiljno znanstveno razmatranje tog predmeta. Utemeljenje optike je odlučujući doprinos znanosti. Alhazen je tu vjerojatno rabio doprinose starijih autora, ali ih ne spominje pa ne znamo točno što je preuzeo, a što je njegov izvorni doprinos. To je djelo na latinski vjerojatno preveo Gerardo iz Cremona u 12. st. i na njemu je bila utemeljena čitava srednjovjekovna optika. Njegova je teorija zadominirala najprije islamom, a kasnije i Zapadom, sve do Keplerove teorije retinalne slike.

Razmatrajući putanje prelomljenih zraka objašnjava zašto predmet uronjen u vodu izgleda veći. Dolazi do zaključka da bi stakleni segment kugle trebao povećavati predmet, ako je oko na konveksnoj, a predmet na ravnoj strani. Ne razmatra teorijski druge slučajeve, primjerice konveksnu leću. To je prvi slučaj u optici da teorija prethodi praksi. Drugo je pitanje je li se praksa okoristila takvom sugestijom ili su majstori nezavisno razvili povećalo.

7.3.6. Statika

Arapska se mehanika počinje razvijati u 9. stoljeću. Tabit ibn Kura (836. – 901.), rođen u Haranu, današnja Turska, bio je dvorski astronom u Bagdadu i bavio se je matematikom, medicinom i filozofijom. Bio je jedan od uglednih prevoditelja s grčkog na arapski. Napisao je prvu knjigu o statici, *Knjiga Karastuna*, koja je prevedena na latinski i koja je bila popularna tijekom cijelog srednjeg vijeka. Točnije, on je napisao uvod za jedan tekst načela statike koji je pripisivan Euklidu. Razmatra se zakon poluge i različiti

slučajevi ravnoteže. Glavna je novost da se od geometrijskih dokaza prelazi na algebarske.

Muhamed ibn Ahmed al-Biruni (973. – 1048.) je isticao važnost pokusa i mjerenja. Određivao specifične težine raznih materijala, veoma točno. Volumen nepravilnog tijela je mjerio napravom koju je sam konstruirao, mjereći volumen istisnute vode.

Abd ar-Rahman al-Khazini (djelovao u prvoj polovici 12. st.) podrijetlom je bio Grk. Napisao je jednu od najpoznatijih arapskih knjiga o statici *Knjiga o vagama mudrosti*. To je bila enciklopedija statike toga vremena. U njoj je raspravljao o vagama i vaganju. Dao je opis svih tada poznatih vaga, raspravljao o ravnoteži na poluzi, o težištu tijela, a određivao je i specifične težine tijela. Tu je nastavio al-Birunijev rad i njegovi su rezultati bili još točniji (od suvremenih se razlikuju za manje od 1%). Došao je do zaključka da specifična težina vode ovisi o temperaturi. Tvrдио je da se Arhimedov zakon može primijeniti i na zrak.

7.3.7. Astrolab

U 8. je stoljeću u Perziji izumljen mjedeni astrolab, To je bio osnovni instrument astronoma za određivanje položaja Sunca, Mjeseca i zvijezda. Bio je pomagalo u navigaciji i koristio se je u zemljomjerstvu. Prvi astrolab je vjerojatno načinio Hiparh u 1. st. pr. Kr., a bio je poboljšavan tijekom vremena. Za islamski je svijet bio posebno važan jer je korišten za određivanje lokalnog vremena u svrhu rasporeda molitve te za određivanje smjera Meke, prema kojoj se vjernik treba okrenuti tijekom molitve. Mjedeni su astrolabi bili vrlo korisni jer su bili pouzdani i mogli su se lako prenositi. Europljani su ga upoznali u 11. stoljeću, kroz tada islamsku Španjolsku. U 13. stoljeću je Muhamed b. Abi Bakr načinio astrolab s kalendarom i zupčanicima. Astrolab je s vremenom postao instrument pomoću kojeg se je moglo riješiti 300 vrsta problema u astronomiji, geografiji i trigonometriji.

8. Srednjovjekovna Europa i tehnika

Povijest srednjovjekovne Europe oblikovao je niz međusobno povezanih tehničkih novina: poljodjelska revolucija, nova vojna tehnika, oslanjanje na vodu i vjetar kao izvore energije. Ta tehnička perspektiva daje važan dio odgovora na pitanje kako se je i zašto Europa preobrazila od kulturne zabiti zasnovane na gospodarstvu jedva naprednijem od onog tradicionalnih neolitičkih zajednica u cvatuću i jedinstvenu, ali i agresivnu, civilizaciju, koja će povesti svijet u razvoj znanosti i industrije.

8.1. Vremensko i prostorno određenje »srednjega vijeka«

Ideja »srednjega vijeka« oblikovana je u 14. i 15. st. među talijanskim renesansnim humanistima, koji su »mračnim« proglasili vrijeme između velikih dostignuća antike i prosvjećenosti svoga doba. Povjesničari danas više ne govore o »mračnom dobu« kao vrijednosnoj odrednici, već samo o srednjem vijeku kao periodu u povijesti Europe, tijekom kojeg je bilo važnih doprinosa zapadnoj kulturi. Pritom se prije svega misli na srednji vijek germanskih i romanskih naroda, kojeg karakterizira prevlast ratničkoga plemstva – kojeg je gospodarska snaga počivala na vlastelinstvu – i duboka religioznost, koja je prožimala čitav život.

Vremenske granice srednjeg vijeka su po naravi stvari nejasne, jer se radi o kulturi koja je nastajala i nestajala postupno, u različitim područjima u različitim vremenima. Stoga povjesničari različito određuju i početak i kraj srednjega vijeka. Uobičajeno je za početak srednjega vijeka uzeti godinu 476., nakon koje rimski carevi, koji su stoljećima vladali svijetom, nisu više upravljali Italijom. Na Zapadu su sada vladali germanski kraljevi. No mnogi povjesničari imaju dobre razloge za drukčije datiranje. Do 476. je oblikovanje feudalnog sustava već bilo uzelo maha, a isto je tako kršćanstvo već stoljećima raslo i razvijalo se. Stoga je za neke već premještanje prijestolnice Rimskoga Carstva u Carigrad za cara Konstantina, početkom 4. st., kraj antike. Drugi pak smještaju početak srednjega vijeka u godinu 375., u doba velike seobe naroda. Neki pak smatraju da je antika trajala još stoljećima nakon propasti Zapadnoga Rimskog Carstva: germanski vladari na Zapadu se stoljećima nisu usudili uzeti titulu cara i barem formalno su priznavali vrhovnu vlast istočnorimskoga cara. Niti velika seoba naroda nije završila s propašću Rimskog Carstva. Stoga oni početak srednjega vijeka smještaju oko 800. godine. Drugi se pak zalažu za »dugi« srednji vijek, od 3. st. do 19. st., doba u kojem je prevladavao feudalizam. Le Goff, primjerice, smatra da je za latinsko kršćanstvo bitna dugotrajna ravnomjernost feudalne proizvodnje kojom je vladala kršćanska ideologija, a koja traje od kasne antike do

industrijske revolucije. Za naše potrebe možemo reći da srednji vijek pokriva vrijeme od kraja rimske civilizacije na latinskom zapadu Europe, oko godine 500., do početka renesanse, oko 1400. godine.

Svijet srednjovjekovnoga kršćanstva je jako ograničen. Njegova osovina ide od Italije preko istočne Francuske do Engleske. Na istoku obuhvaća Rineland i Donje zemlje, na zapadu Gaskonju i Kataloniju. I tu je karakteristični razvoj bio ograničen na neke dijelove: Flandriju, Normandiju i pariški bazen. U pariškom bazenu su ekonomske forme, arhitektura i intelektualni razvoj srednjovjekovne učenosti počeli cvjetati. Italija, napose Lombardija i Toskana, bila je odveć prožeta utjecajem klasičnog svijeta da bi stvorila takve doprinose. Njezino je vrijeme došlo kasnije, u kasnom srednjem vijeku i u renesansi.

8.2. Narav ranoga srednjeg vijeka (od 500. do 1000.)

U usporedbi s Istokom i srednjovjekovnim Islamom, kršćanska je Europa još oko 1000. godine bila uglavnom »prazna«. Prema nekim procjenama ju je nastanjivalo oko 22 000 000 ljudi, prema oko 60 000 000 u Kini, 80 000 000 u Indiji ili oko 40 000 000 pod vlašću Arapa. Stanovništvo Rima, koji je u antici bio milijunski grad, je palo na oko 35 000 ljudi, u Parizu je živjelo oko 20 000 ljudi, u Londonu oko 15 000. S druge je strane Kordoba pod vlašću Arapa brojila 450 000 stanovnika, Carigrad 300 000, Kaifeng u Kini 400 000, a Bagdad – tada najveći grad svijeta – oko 1 000 000. Europa je bila kulturna, intelektualna, gospodarska, tehnološka i demografska zabit koja je daleko zaostajala za tehničkom i znanstvenom vitalnošću tadašnjih središta civilizacije u islamskom svijetu, Bizantu, Indiji i Kini.

Civilizacija u pravom smislu riječi je u takvu Europu stigla na jedinstven način i razvila se u jedinstvenim geografskim i društvenim okolnostima. Na istoku su se prve civilizacije razvile u ograničenim dolinama rijeka, gdje su centralizirane vlade upravljale poljodjelskim gospodarstvom. U Europi, gdje kiša pada u proljeće i ljeto, takva se intervencija vlasti nije pojavila niti je uopće nastala urbana civilizacija do oko 1000. godine, kada je jedinstveni oblik intenzivnog poljodjelstva počeo mijenjati Europu u urbaniziranu civilizaciju. Kad je jednom našla način da poboljša svoje poljodjelstvo, Europa je promijenila narav. Demografski, njezina se je populacija približila onoj Indije i Kine, a tehnološki, ekonomski i politički Europa je postala glavni igrač na svjetskoj sceni. Od 15. st., a na temelju ovladavanja tehnikom izrade vatrenog oružja i prekoceanskih brodova, europska se moć počela širiti onkraj njezinih granica i uspostavljati prekomorska carstva koja su mijenjala svijet. Zapadna je Europa također postala svjetsko središte znanstvene učenosti i istraživanja. Moderna je znanost nastala u Europi.

8.2.1. Rimljani i barbari

Srednjovjekovni je Zapad rođen na ruševinama rimskoga svijeta, u kojem je našao i oslonac i hendikep. Rim je okupio oko sebe prostor proširen osvajanjima do optimalnoga obrambenoga pojasa. U tom prostoru on je iskorištavao ne stvarajući: nikakav se tehnički izum ne bilježi od helenističkoga doba, gospodarstvo se temelji na otimačini, a pobjednički ratovi namiču ropsku radnu snagu i drage kovine. Rimsku civilizaciju već u 2. st. napada erozija razornih snaga i obnove, a kriza u 3. st. dodatno podriva zdanje.

Provale barbara u 5. st. su ubrzale promjene, podarile im katastrofično ozračje i dubinski ih promijenile. No i ranije su provale ostavile slabo zacijeljene rane – opustošena sela i razorene gradove – ubrzale gospodarske promjene – opadanje poljodjelstva i povlačenje gradova – te uzrokovale demografski pad i društvene preobrazbe. Te su provale gotovo uvijek bile neka vrsta bijega. Osvajači su često bili bjegunci koje je gonilo nešto snažnije i okrutnije od njih samih. Njihova je okrutnost nerijetko bila okrutnost očajnika, napose onda kad su im Rimljani uskratili utočište, koje su često miroljubivo tražili. Razlog uspjeha barbara je bez sumnje u vojnoj nadmoći, u nadmoć barbarske konjice i u dugom koplju, koje Rimljani nisu poznavali. Istina je i to da su se barbari okoristili aktivnim ili pasivnim dosluhom rimskih narodnih masa. Društveni ustroj Rimskoga Carstva, u kojem je masa pučana živjela pod sve snažnijim pritiskom manjine bogatih i moćnih, objašnjava uspjeh barbarskih provala. Mnogi, čak i ugledni i obrazovani ljudi, su zbog nepravdi i okrutnosti sugrađana bježali na stranu neprijatelja.

Neke su okolnosti potaknule kulturalno prožimanje barbara i Rimljana.

1) Barbari koji se u 5. st. nastanjuju u Rimskome Carstvu nisu bili mladi i divlji narodi koji su netom napustili svoje šume ili stepe. U svojim su seljenjima mnogo toga vidjeli i zapamtili. Put ih je vodio u dodire iz kojih su preuzimali navade, umijeća i tehnike. Većina ih je bila izložena utjecaju azijskih kultura i grčko-rimskoga svijeta. Donijeli su sa sobom istančane tehnologije vađenja i obrade ruda, izrade svile, zlatarska umijeća, vještinu obrade kože.

2) Dobar dio tih barbarskih osvajača bio je preobraćen na kršćanstvo (Ostrogoti, Vizigoti, Burgundi, Vandali), ali, na nesreću, na arijanizam. Njih je pokrstio Ulfila, »apostol Gota«. Tako je ono što je trebalo biti vjerskom sponom postalo predmetom razdora.

3) Valja naglasiti privlačnost rimske kulture za barbare. Barbarski su se vođe obraćali Rimljanima za savjet i nerijetko su nastojali podražavati rimske običaje i kititi se rimskim naslovima. Nisu se ponašali kao neprijatelji, već kao obožavatelji rimskih institucija. Prvi barbarski vladar koji se je osmjelio proglasiti carem bio je Karlo Veliki 800. godine.

8.2.2. Tehničko nazadovanje Zapada

Barbari su nedvojbeno preuzeli sve što su mogli od onog što im je Rimsko Carstvo ostavilo, nadasve na polju kulture i političkoga ustroja. Ali oni su ubrzali raspadanje započeto u kasnome Rimskom Carstvu i opadanje pretvorili u nazadovanje.

To je svakako bilo vrijeme pomutnje, do koje je najprije došlo samim miješanjem osvajača. Oni su međusobno ratovali, podjarmljivali se i miješali. Pometnju je pojačavao teror. Imajući na umu razumljiva pretjerivanja, opisi pokolja i razaranja ne ostavljaju sumnje u okrutnost i razornost koji su pratili upade barbarskih naroda. To je uvertira kojom počinje povijest srednjovjekovnoga Zapad. Strast za razaranjem dugo će biti njegovo prevladavajuće svojstvo. Kroničar u 7. st. navodi riječi majke nekog barbarskog kralja koja ovako bodri svoje sinove: »Želiš li izvršiti pothvat i proslaviti se, uništi sve što su drugi sagradili i pokolji sve ljude koje si pobijedio; jer, budući da ne možeš sagraditi zdanje koje bi nadvisivalo ona tvojih prethodnika, to nema boljeg pothvata kojim bi proslavio svoje ime«.

Kaznene mjere u ranom srednjem vijeku kao da su izašle iz pakla. Razmah barbarskoga nasilja bio je to divljiji što je viši položaj počinitelja osiguravao njegovu nekažnjivost. Postupci franačkih prinčeva i princeza opisani su izrazom »despotizam ublažen ubojstvom«.

Nazadovanje Zapada bilo je prije svega kvantitativno. Barbari su razorili ljudske živote, spomenike i gospodarski ustroj. Slijedio je demografski pad, nestanak umjetnosti, uništenje cesta, radionica, spremnica, sustava navodnjavanja. Antički su ostaci rabljeni kao kamenolomi. Nakon pada Rimskoga Carstva u zapadnoj se je Europi urušio sustav vladanja bogatih robovlasničkih patricija i provincijala i bio je zamijenjen feudalnim poretkom. Život je počeo iznova s niže tehničke razine, nakon velika ekonomskoga pada. Nestalo je sve što je ovisilo o pothvatima širih razmjera: komunikacije, trgovina na veće udaljenosti, navodnjavanje. Gospodarstvo se je zasnivalo na selu, a njegova je temeljna jedinica bio posjed kojeg su obrađivali kmetovi.

U tom osiromašenom, pothranjenom i oslabljenom svijetu jedna je prirodna nepogoda dovršila ono što su barbari započeli. Počevši od godine 543. Crna kuga, došla s Istoka, je harala Italijom, Španjolskom i Galijom više od pola stoljeća.

Tehničko je nazadovanje srednjovjekovni Zapad dugo ostavilo lišenim svega. Kamen, koji ljudi više ne znaju vaditi, prenositi i obrađivati, nestaje i ustupa mjesto povratku drveta kao osnovnoga građevnog materijala. Isto vrijedi i za druga antička umijeća.

Nazaduje uprava i dostojanstvo vladanja. Franački se kralj smatra okrunjenim time što su ga posjeli na prijestolje, kao jedino kraljevsko znakovlje nosi luk, a osobni znak mu je duga kosa. Prati ga par pisara, domaći robovi i straža. Porezi se nisu ubirali, pa se kraljevo bogatstvo svodilo na sanduke zlatnika, staklarije i nakita o koje su se po kraljevoj smrti otimala njegove žene, milosnice, zakonita i nezakonita djeca, kao što su se otimali za samo kraljevstvo. Crkvene vođe nazaduju i u duhovnom smislu i u vjerskoj praksi. Crkva nadasve zastupa vlastite interese ne brinući se više o dobru barbarske države, kao što se nije brinula niti o onome Rimskoga

Carstva. Gotovo svi biskupi su pripadnici veleposjednika i svemoćni u svojim gradovima. Naposljetku, želeći se okoristiti jedni drugima, kraljevi i biskupi su međusobno neutralizirani i paralizirani. Crkva pokušava upravljati državom, a kraljevi Crkvom.

Između 5. i 9. st. gradovi posvuda propadaju. Oni su najviše propatili od barbarskih osvajanja. U Engleskoj su posve nestali, u Italiji su se održali, ali porušeni i opustjeli. I prije su gradovi bivali pljačkani i razarani, ali sada se više ne obnavljaju, jer su prilike udaljile postojeće stanovništvo. Taj je bijeg stanovnika grada bio posljedica nedostatka roba, koje nisu više opskrbljivale gradsko tržište. Građani su potrošači koji se prehranjuju uvozom. Kad ih opadanje vrijednosti novca ostavi bez kupovne moći, kad trgovina zamre, oni su prisiljeni na povlačenje prema mjestima proizvodnje, prema selu. Poremećenost razmjene povećava glad, a glad tjera mase na selo i prisiljava ih na služenje osiguravateljima kruha, velikim posjednicima.

8.3. Crkva i vjera

8.3.1. Srednjovjekovna Crkva i prirodoslovlje

Srednjem je vijeku feudalni sustav dao ekonomski temelj, a Crkva intelektualni i administrativni. Jedinstvo i red Crkve bili su protuteža anarhičnim tendencijama plemstva i dali su čitavom kršćanstvu zajednički temelj autoriteta.

Historiografija 18. i 19. stoljeća je ustvrdila da je kršćanstvo bilo glavna prepreka napretku znanosti i da je protjeralo znanost u zapećak iz kojeg se nije povratila više od tisuću godina. Neki povjesničari pak poriču kršćanstvu bilo kakav utjecaj na razvoj znanosti. No čini se da je istina mnogo složenija. Imamo ustvari pat-poziciju, paralizu koja se ne može razriješiti sve dok se učenost ne raširi na svjetovne krugove društva, što se je dogodilo tek u kasnome srednjem vijeku i u renesansi. Razmotrimo okolnosti koje su oblikovale takav odnos.

Crkva je bila jedina koherentna institucija kasne antike koja je preživjela probleme i pad Carstva na Zapadu. To nije bilo slučajno. Crkva je u to doba osigurala sebi mnogo solidnije političke i ekonomske temelje nego Carstvo i rano je razvila složenu i zaštitnu organizaciju. U 2. st. je izgrađena organizacija paralelna s državnom; do 3. st. je kršćanska Crkva, premda je još uvijek obuhvaćala mali dio stanovništva, postala najmoćnija, najraširenija i najutjecajnija politička organizacija u Carstvu. Do 4. st. je postalo jasno da je preuzimanje Crkve jedini način da se očuva Carstvo i upravo je to učinio Konstantin. No kršćanstvo je bilo lažni saveznik Rima. Rimski ustroji bili su za Crkvu tek okvir unutar kojeg će si stvoriti oslonac. Religija svjetskog poziva skanjuje se zatvoriti u granice neke civilizacije.

U srednjem je vijeku kršćanstvo bila dominantna politička i društvena sila, a intelektualni su napor prije svega bili usmjereni na službu organiziranoj vjeri. Trijumf kršćanstva je efektivno značio da je od 4. st. na

Zapadu, a do pojave islama također i na Istoku, cjelokupan intelektualni život, uključujući znanost, bio neizbježno prožet kršćanskim učenjem i sve više ograničen na svećenstvo. Tijekom 1000 godina, od Augustina (354. - 430.), do renesanse, cilj najvećih filozofa jest usavršiti kršćanski nauk. Svi ljudi koji su dali intelektualni doprinos bili su ljudi Crkve. Filozofija prirode je u takvim okolnostima nužno tek marginalna djelatnost.

U srednjem su vijeku, u mjeri nezapamćenoj od drevnoga Egipta, kultura i pismenost bili ograničeni na svećenstvo. Crkva se je kroz rani srednji vijek brinula za naobrazbu i administraciju, a kasnije isto tako i za pravo i medicinu. Kroz cijeli rani srednji vijek, sve do početka 13. st., čak i u Italiji, svećenici i redovnici su praktično imali monopol na učenost i samu pismenost. Stoga je feudalna administracija prešla u ruke svećenstva.

Jedna od optužbi na račun Crkve jest da je bila općenito antiintelektualno raspoložena i da su crkveni oci davali prednost vjeri nad razumom, neznanju nad znanjem. Ta tvrdnja općenito nije održiva. Kršćanstvo je religija knjige, svetoga teksta i crkvenim je ocima bilo jasno da se pismenost mora ohrabrivati ako se želi da se čita Biblija. Na duge staze kršćanstvo je postalo glavni pokrovitelj obrazovanja u Europi i mnogo je preuzelo iz klasične intelektualne tradicije. Naravno, crkveno oci su podržavali ono i onakvo obrazovanje kakvo je bilo u skladu s njihovim viđenjem misije Crkve.

Usporedimo li podršku koju je rana Crkva pružala prirodoslovlju s podrškom koju je nudila bilo koja druga onodobna društvena institucija, postaje očigledno da je Crkva bila jedan od glavnih pokrovitelja – zapravo glavni pokrovitelj – učenosti. To je pokroviteljstvo bilo ograničeno i selektivno, ali i to je bolje nego ništa. No ta je podrška bila nenamjerna i gotovo slučajna. Poticanje na istraživanje prirode nije u naravi kršćanstva, barem ne na prvi pogled. No ono ga tolerira kao sporedni proizvod filozofije koja mu je potrebna. Morat će proći više stoljeća dok kršćanski filozofi ne izgrade dosljedan stav o filozofiji prirode kao alternativnom putu slavljenja Boga i time joj dadu novu vrijednost u okviru kršćanskoga svjetonazora.

Tijekom čitava srednjega vijeka svjedočimo opadanju, prenošenju, oporavku i počecima unutrašnjega preobražavanja tehnika i vjerovanja koje uglavnom potiču iz grčkoga svijeta. Nastanak moderne znanosti može se razumjeti jedino na temelju helenske slike svijeta, koju simboliziraju Platon i Aristotel. U to je vrijeme glavni intelektualni zadatak bilo obnavljanje te slike svijeta i njezina prilagodba novoj, feudalnoj ekonomiji i religijskim zahtjevima kršćanstva. To što je to bilo moguće i što nije bila potrebna radikalno nova slika svijeta, pokazuje da srednjovjekovni svijet nije imao potrebu za radikalno novim intelektualnim formama i da ih stoga nije niti mogao razviti.

8.3.2. Bog, Davao i anđeli

Osjećaj nesigurnosti prevladava osjetilnošću ljudi srednjovjekovlja i određuje njihove temeljne postupke. Za materijalnu i moralnu nesigurnost postoji, prema stajalištu Crkve, samo jedan lijek: osloniti se na solidarnost skupine, zajednice čijim smo dijelom, izbjegavati narušavanje te solidarnosti

uslijed ambicije ili opadanja. Temeljna nesigurnost odnosi se na budući život koji nije nikome osiguran i koji ni dobra djela ni dobro vladanje nikad ne jamče u cijelosti. Rizici prokletstva tako su veliki, a izgledi spasa tako maleni da strah nužno prevladava nad nadom.

Sotona nema u ranome srednjem vijeku ključnu ulogu, a još je manje istaknuta ličnost. On se pojavljuje kasnije i potvrđuje u 11. st., kao tvorevina feudalnoga društva. On je, zajedno sa svojim pobornicima, buntovničkim anđelima, oličenje nevjernoga vazala, izdajice. Đavao i Dobri Bog čine par koji prevladava životom srednjovjekovnog kršćanstva i čija borba objašnjava u očima ljudi srednjovjekovlja sve potankosti događaja.

Prema kršćanskom nauku Đavao je stvorenje, pali anđeo, on nije Zli Bog, na istoj razini s Dobrim Bogom, kao što je to u maniheizmu. Ipak, ukupnošću misli, svekolikim ponašanjem ljudi srednjovjekovlja, prevladava više ili manje svjesni, više ili manje sažeti maniheizam. Za njih, na jednoj strani postoji Bog, a na drugoj Đavao. Ta velika podjela prevladava čudorednim, socijalnim i političkim životom ljudi. Čovječanstvo je rastrzano između tih dviju snaga za koje nema pogodbe niti susreta. Neki je čin dobar, on dolazi od Boga; drugi je loš i on dolazi od Đavla. Na Dan suda dobri će ići u Raj, zli će biti bačeni u Pakao. Srednji je vijek tek potkraj 12. st upoznao Čistilište, koje omogućuje doziranje kazne. Ljudi srednjega vijeka tako su neprestance podijeljeni između Boga i Sotone.

Ljudi srednjega vijeka nimalo ne sumnjaju u to da Đavao može, poput Boga, i zacijelo s njegovim dopuštenjem, činiti čuda. Srednjovjekovno čovječanstvo puno je opsjednutih nesretnih žrtava Sotone koji se uvukao u njihovo tijelo ili pak ljudi koje su opčinili čarobnjaci. Jedino ih sveci mogu izbaviti, prisiliti njihove progonitelje da ih ostave na miru. Srednjovjekovno čovječanstvo obuhvaća mnoštvo stvarno ili potencijalno opsjednutih.

Ljudi imaju spremnije i budnije zaštitnike od svetaca, koje nisu u prigodi susresti svakog dana. Ti neumorni pomagači su anđeli. Između neba i zemlje odvija se neprestani promet. Povorci demona koji se okomljuju na ljude suprotstavlja se zbor umješnih anđela. Između neba i zemlje postavljene su Jakovljeve ljestve kojima se stalno uspinju i silaze nebeska stvorenja. Uz pomoć anđela ljudi se uspinju ljestvama i njihov je život to uspinjanje, isprekidano padovima i ponovnim padovima. Ni najbolji ne uspijevaju za života dosegnuti posljednju prečku.

Svatko ima svog anđela i zemlja srednjovjekovlja napučena je trostrukim stanovništvom: ljudima, njihovim nebeskim pratiteljima i demonima. Tako ljudi srednjovjekovlja žive pod neprestanom dvostrukom špijunažom. Nikad nisu sami. Nitko nije neovisan. Svi su obuhvaćeni mrežom zemaljskih i nebeskih ovisnosti.

8.3.3. Simbolički mentalitet

Šuma, cesta i more ljude srednjovjekovlja manje pogađaju svojom istinskom opasnošću nego simbolima koje izražavaju. Šuma je svijet tmina, more je svijet i njegova iskušenja, cesta je traganje i hodočašće. Tako ljudi srednjega vijeka dolaze u doticaj s tjelesnom stvarnošću posredovanjem mističnih i pseudoznanstvenih apstrakcija. Najučeniji i najneukiji vide svijet

na isti način. U većoj ili manjoj mjeri provedena kristijanizacija starih simbola i poganskih mitova personificira snage prirode u neobičnoj kozmografiji: četiri rajske rijeke, četiri vjetra »ruža« s rukopisa, prema uzoru na četiri elementa, uklapaju svoju sliku između stvarnosti prirode i ljudske osjećajnosti. Ljudima srednjovjekovlja valjat će prevaliti dugi put da bi se, s one strane simbolizma, suočili s tjelesnom stvarnošću svijeta u kome žive.

Simbolična misao je osnovno duhovno oruđe srednjovjekovnog Zapada. *Symbolon* je u Grka bio znak raspoznavanja predočen kao dvije polovice istog predmeta podijeljenog između dviju osoba. Simbol je znak sklopljenog ugovora, on podsjeća i poziva nekoj višoj i skrivenoj stvarnosti. U srednjovjekovnoj misli svaki je materijalni predmet smatran uobličanjem nečega što mu je odgovaralo na višoj razini te je na taj način postao njezinim simbolom.

Amajlije, čarobni napitci, magične formule, kojih je uporaba i trgovina bile veoma raširene, tek su siroviji vidovi tih vjerovanja i praksi. Sveti sakramenti, mošti, molitve, bile su ovlaštene istoznačnice. Uvijek se radilo o tome da se iznađe ključeve pomoću kojih bi se ušlo u istinski i tajni svijet, onaj u kome je izbavljenje moguće. Činovi nabožnosti bijahu simbolični činovi pomoću kojih se pokušavalo steći Božje priznanje i prisiliti ga da se pridržava sklopljenog ugovora. Riječi kojima se popraćalo zavještanja i kojima su davatelji naznačivali svoju želju da na taj način spašavaju svoju dušu, označavale su tu magičku trgovinu kojom se Boga prometalo u dužnika darovatelja i obvezivalo ga se da ga spasi.

Jednako tako, misao je pokušavala iznaći ključ koji otvara vrata svijeta ideja. Simbolizam je bio univerzalan, a misao neprestano otkrivanje skrivenih značenja, neprestana »hijerofanija«, očitovanje svetosti. Jer skriveni je svijet bio tajni svijet, a simbolična misao nije bila drugo doli razrađeni, pročišćeni oblik, na razini učenih ljudi, magijske misli koja je prožimala mentalitet u cijelosti.

Priroda je bila velika spremnica simbola. Minerali, biljke i životinje su simbolični, a tradicija je povlastila samo neke među njima: drago kamenje, biljke koje se spominju u Bibliji, egzotične, legendarne ili čudovišne životinje. Lapidariji, florariji i bestijariji razvrstavaju i objašnjavaju te simbole i zauzimaju važno mjesto u knjižnici srednjovjekovlja.

Simboličko značenje kamenja i bilja dopunjeno je njihovim blagotvornim ili pogubnim djelovanjem. Florariji su bliski herbarijima, oni u srednjovjekovnu misao uvode svijet »trava«, narodnih lijekova i tajni samostanskih travara. Zrno grožđa predstavlja Krista, koji je dao svoju krv za čovječanstvo, a na nekom prikazu simbolizira ga mistična preša, Djevicu predstavljaju maslina, ljiljan, đurđica, ljubičica, ruža. Jabuka je simbol zla. Životinjski je svijet prije svega svijet zla. Noj koji odlaže svoja jaja u pijesak i potom zaboravi ležati na njima oličenje je grješnika koji zaboravlja svoje obveze prema Bogu, jarac je simbol razvrata, škorpion je simbol lažnosti, posebno židovskog naroda. Simbolizam psa koleba se između dva usmjerenja, antičke tradicije prema kojoj pas utjelovljuje nečistoću i sklonosti feudalnog društva da ga rehabilitira kao plemenitu životinju, simbol vjernosti, najuzvišeniji feudalni ideal.

8.4. Srednjovjekovno gospodarstvo

Cilj srednjovjekovne privrede je opstanak čovjeka. Kad se čini da nadilazi tu strogu potrebu, to je stoga što je opstanak ipak društveno-ekonomski pojam, a ne puko materijalni. Pojam opstanka se mijenja ovisno o društvenom sloju. Puku dostaje izdržavati se u doslovnom smislu riječi, raspolagati onime potrebnim za tjelesni opstanak: hrana, odjeća, krov nad glavom. Srednjovjekovna je privreda agrarna, osniva se na zemlji koja daje potrebno. Kod viših slojeva opstanak pretpostavlja zadovoljavanje većih potreba, on mora omogućiti održavanje društvenog položaja. Njihov opstanak u manjem dijelu osiguravaju uvozni proizvodi, dok ih ostalim opskrbljuje rad mase.

Cilj rada nije gospodarski rast, ni individualni ni kolektivni. Uz vjerske i čudoredne ciljeve (izbjegavanje dokolice koja otvara vrata Đavlu...) on ima i gospodarske ciljeve: osigurati vlastiti opstanak i opstanak siromaha. Privredni cilj srednjovjekovnog Zapada jest zadovoljiti nužnosti, što opravdava čak i neka odstupanja od vjerskih propisa (primjerice rad nedjeljom). No nastojati opskrbiti se onime što nadilazi nuždu jest grijeh. Kad je u srednjem vijeku došlo do gospodarskog rasta, primjerice od 11. do 13. st., taj je rast bio posljedica demografskog rasta.

Ta ravnodušnost, pa čak i neprijateljstvo, prema gospodarskom rastu, odrazila se na polju novčane privrede te je pružala snažan otpor razvoju duha profita pretkapitalističkoga tipa. Kamata na potrošni zajam bila je zabranjena među kršćanima. Sve srednjovjekovne društvene kategorije bile su podložne strogom gospodarskom i psihološkom pritisku čiji je rezultat, ako ne i cilj, bio suprotstaviti se svakoj akumulaciji koja bi mogla potaknuti gospodarski rast.

Srednjovjekovni je Zapad, kako zbog loše tehničke opremljenosti tako i zbog društvenog ustroja koji koči gospodarski rast, svijet na samoj granici, neprestance pod prijetnjom neizvjesnosti opstanka, svijet marginalne ravnoteže, a ponajprije svijet gladi. Muči ga strah od gladi, a nerijetko i sama glad. U seljačkom je folkloru mit o gozbi osobito privlačan. Posvuda se u literaturi očituje opsjednutost hranom. Najstrašnije u toj vladavini gladi jest to što je ona u isti mah i proizvoljna i neminovna. Proizvoljna je stoga što je povezana s hirovima prirode, ali isto tako svakih par godina slab urod izazove nestašicu, manje dramatičnu, ali svakako ubojitu. Pri svakoj nepogodi razvije se čitav ciklus: posljedica vremenske nepogode je slaba ljetina; ona uzrokuje poskupljenje hrane, što povećava oskudicu siromašnih; nekvalitetna hrana (pokvarena hrana, zemlja, ljudsko meso...) uzrokuje epidemije smrtnih bolesti ili pothranjenost koja im pogoduje.

Nisu postojale državne zalihe, ceste i središnja uprava, što je u antici donekle ublažavalo posljedice lošeg uroda. Zalihe su mogle dostajati samo za jednu godinu, ako ih je uopće bilo. Samostani, prinčevi, gradovi, stvaraju svoje zalihe i u doba gladi ih ponekad dijele. Brojna su svjedočanstva o lošem skladištenju hrane i njezinom propadanju. Pustoše štakori, skakavci, hruštevi. Osobito je velik strah od ponavljanja lošeg uroda. Uobičajene žrtve gladi i epidemija koje ju prate su niži slojevi. Njihov višak odnose nameti

vlastele i oni niti ne mogu stvarati zalihe, niti mogu, lišeni novca čak i kad se počela razvijati novčana privreda, hranu kupiti. Glad se ograničuje, izuzev iznimno, na sloj siromaha. To je toliko uobičajeno da se svi čude kad nastupi neka nepogoda koja ubija sve klase bez iznimke, primjerice kuga.

Nada u život je slaba. Čak ako se pokuša izračunati neovisno o velikoj smrtnosti djece, prosječno trajanje života na srednjovjekovnom Zapadu nije prelazilo 30 godina. U spisima se četrdesetgodišnjaci nazivlju »ljudi starije dobi«, a pedesetgodišnjaci »ljudi u dubokoj starosti«. Najraširenija i najubojitija srednjovjekovna bolest bila je tuberkuloza, kožne su bolesti na drugom mjestu. Zatim slijede brojne dječje bolesti i urođeni nedostaci te živčane bolesti.

8.5. Narav i položaj tehnike u srednjem vijeku

Srednjovjekovna je Europa dala malo izuma, većina novina je preuzeta od antike ili iz Kine. Ipak je to bilo razdoblje osvajanja prirode ljudskim izrađevinama. U to doba, koje nije u svoje vrijednosti ubrajalo tehnički napredak, neki ljudi bili svjesni povezanosti između ljudskog i tehničkog napretka. Neki su zbog toga žalili, drugi su se radovali. Značajni tehnički napredak i razvoj javljaju se od 11. st. nadalje. Taj je napredak više kvantitativan nego kvalitativan. Prije se radi o većoj raširenosti alata, strojeva i tehnika poznatih iz antike ili dospjelih iz Kine, no o izumiteljstvu.

Srednjovjekovni su zanatlije dokazali svoju umješnost, smionost i umjetnički genij, ali su proizvodi srednjega vijeka općenito bili u tehničkom smislu slabe kvalitete. Srednji je vijek neprestano morao popravljati, nadomještavati, obnavljati. Crkvena su zvona pucala, zgrade su se urušavale. Slabost srednjovjekovne tehničke opremljenosti očituje se nadasve u osnovnim oblastima, u prevlasti alata nad strojem, slaboj djelotvornosti alata, nedostatnosti poljoprivrednih strojeva i tehničkih pomagala koji daju slab prinos, osrednjosti energetske opreme, prijevoza, financijskog i trgovačkog poslovanja.

8.5.1. Tehnika i znanost

Feudalni je sustav sadržavao sjeme vlastite transformacije. Rast trgovine i poboljšavanje tehnika proizvodnje i transporta gurao je društvo u smjeru nove ekonomije. Tehnički aspekt te gospodarske revolucije bio je odlučujući faktor u stvaranju nove eksperimentalne znanosti. On je ljude renesanse suočio s problemima i situacijama s kojima antička znanost nije mogla izaći na kraj. Stoga su tehničke promjene koje su se zbile u srednjem vijeku vjerojatno njegov najvažniji doprinos budućoj znanstvenoj civilizaciji.

No dojmiljivi skup tehničkih promjena koji je doveo do preobrazbe europskog društva i kulture nije ništa dugovao znanosti. Znanost

naslijeđena od antike i Arapa je bila posve beskorisna za primjenu u razvoju strojeva i umijeća po kojima je srednjovjekovna Europa postala znamenita.

Tehničari i izumitelji srednjega vijeka zapravo su zanatlije. Tek se jedan tehničar uzdiže do stanovitoga stupnja: arhitekt. Njegovo je polje bez sumnje jedino koje je u srednjem vijeku poprimilo nesporni industrijski vid. Gotička je umjetnost gradnje postala znanošću, a graditelj je postao znanstvenikom. Taj graditelj, koji se nazivlje »magistrom« i čak pokušava steći naslov »magistra kamena« (*magister lapidum*), kao što su drugi magistri filozofije ili prava, koji obavlja proračune sukladno propisima, suprotstavlja se graditelju-zanatliji koji primjenjuje naputke, tj. zidar.

8.5.2. Poticaji napretku

Poticaj za tehničke izume postojao je od početka srednjega vijeka, napose u boljem korištenju zemlje i sve većoj uporabi strojeva. Kroz cijeli se srednji vijek opaža kronični nedostatak radne snage. Nije više bilo robova, a plemići su trebali sve više zemlje, koja ne znači mnogo bez seljaka, kojih pak nikad nije bilo dovoljno. Tu su srednjovjekovni seljaci i radnici mogli profitirati od naslijeđa antičkih tehnika i dodataka koje su im dodali Arapi. Akvadukti i kupke su nestali, ali su mlinovi i kovačnice opstali.

Na nekim su područjima potrebe i obveze laičke i kleričke aristokracije pospješile stanoviti razvoj. Primjerice obveza redovnika da održavaju minimalne kontakte s vanjskim svijetom i potreba da zadovolje vlastite ekonomske potrebe, kao i potrebe siromaha i prosjaka, ohrabрили su ih da razviju stanovitu tehničku opremu. Vjerski su redovi nerijetko avangarda kad je riječ o vodenicama i vjetrenjačama ili o napretku poljodjeljskih tehnika.

Neki historičari smatraju da je pad broja stanovnika uzrokovan zahlađenjem i gladi početkom 14. stoljeća i kugom sredinom stoljeća također potaknuo šire korištenje tehnike. Ostalo je manje radnika pa je porasla cijena rada, što je donijelo veću neovisnost svima koji su raspolagali nekom tržišno vrijednom vještinom. To je dovelo i do uspona cehovskih udruženja, u kojima su se okupili zanatlije i trgovci da među sobom odrede pravila i uvjete poslovanja. Manjak radnika podigao je cijenu rada pa neki historičari smatraju da je baš taj faktor pokopao feudalizam i rodio početke kapitalizma. To je isto tako moglo pridonijeti i rastu zanimanja za sve one izrađevine koje štede ljudski rad.

8.5.3. Preprjeke napretku

Ako nismo posve svjesni opsjednutosti spasenjem i straha od Pakla koji je prožimao ljude srednjovjekovlja, nikad ne ćemo razumjeti njihov mentalitet i ostat ćemo zapanjeni spremnim odricanjem od gramziva života koje uzrokuje veliku pokretljivost dobara i očituje koliko su najpohlepniji za zemaljskim dobrima među ljudima srednjovjekovlja završavali preziranjem svijeta, a to obilježje mentaliteta priječi gomilanje bogatstva i pridonosi

udaljavanju ljudi srednjovjekovlja od stvaranja materijalnih i psiholoških uvjeta kapitalizma.

Ravnodušnost prema gibanju je također svojstvena srednjovjekovnom mentalitetu. Ljude srednjovjekovlja više zanima ono što se ne mijenja nego ono što se kreće. Oni teže za mirom. Sve što je nemir, traganje, njima se čini uzaludnim – taj se epitet u pravilu pridodaje tim riječima – i pomalo dijaboličnim.

Zacijelo nema polja u srednjovjekovnom životu na kojem je jedno obilježje srednjovjekovnoga mentaliteta – strah od »novine« – jače djelovalo protiv napretka negoli je to na tehničkom polju. Uvođenje nečeg novog bilo je grijeh. Značilo je to izlagati opasnosti gospodarsku, duhovnu i društvenu ravnotežu. A novine, budući da koriste velikašima, nailaze na otpor, pasivni ili aktivni, seljačkih masa. Pozivanje na prošlost je obvezno u srednjem vijeku. Novina je grijeh. Crkva spremno osuđuje *novitates*. To je slučaj i s tehnološkim i s duhovnim napretkom. Inovacije su nečudoredne. Najteže je pritom što je štovanja vrijedni »argument tradicije«, čija se vrijednost podrazumijeva, budući da je riječ o »konsenzusu većeg broja svjedoka koji jednodušno svjedoče tijekom vijekova«, često koristio na sporni način. Valjalo se prije svega osloniti na starinu, na prethodnike. Istinitost se dokazuje autoritetom, naime dokazanom starosti. Jednako kao što Stari zavjet unaprijed predočuje i utemeljuje Novi, stari opravdavaju moderne. Za ništa se ne može tvrditi da je sigurno izuzev ako to ne jamči prošlost. No ipak s vremenom modernost pobuđuje sve manje straha. Od početka 12. st. može se naći tvrdnja da su moderni glazbenici osjetljiviji i mudriji. Pietro Lombardi uključuje u svoju *Sumu sentencija* i ono što njegovi suvremenici nazivlju »profanim novinama«. Biograf sv. Tome, Guillaume de Tocco, hvali Tomu zbog njegovih inovacija: nove metode, novi problemi, novi dokazi.

8.5.4. Pisani izvori

O srednjovjekovnom tehničkom napretku imamo malo pisanih izvora, jer je on bio onkraj interesa crkvenih kroničara, ali je očigledan u plemićkim spisima i sudskim sporovima. Malo je srednjovjekovnih učenjaka uopće spominjalo tehničke probleme, a još ih se manje trudilo da ih razumije. Mentalitet vladajućih klasa je, kao i u antici, protutehnički. Tijekom dugoga vremena u zapadnome srednjem vijeku nije napisana nikakva rasprava o tehnologiji, takve su teme smatrane nevrijednima pisanja ili su se pak odnosile na neku tajnu koju nije trebalo razotkriti. Tijekom najvećega dijela srednjega vijeka oruđe, alat, rad u svojim tehničkim vidovima, pojavljuju se u književnosti i umjetnosti jedino kao simboli.

Takozvana tehnološka djela zapravo su tek kompilacije bez velike dokumentarne vrijednosti za povijest tehnike. Takva su djela primjerice rječnik Jeana iz Garlandea, *De nominibus utensilium* Alexandra Neckhama, *De vegetalibus* Alberta Velikoga, čak i *Regule ad custodiendum*, koje je Robert Grosseteste sastavio 1240. za groficu Lincoln. Engleske rasprave iz 13. st. o poljodjelstvu, tj. priručnici *Housebondrie*, od kojih je najpoznatiji bio onaj Waltera od Henleya, ili *Fleta*, tek su djela koja sadrže praktične savjete.

Valjalo je čekati *Ruralium commodorum opus* Bolonježanina Pietra de' Crescenzia, s početka 14. st., da bi se obnovila tradicija rimskih agronoma.

Dragocjen dokument su bilješke majstora zidara Villarda iz Honnecourta (oko 1250.) u kojima se nalaze prikazi i crteži mnogih tehničkih naprava. Velik dio tog djela je očuvan i daje nam uvid u gotičko građevinarstvo.

Početakom 12. st. je njemački redovnik Teofil napisao *De diversis artibus*, djelo koje se s pravom smatra prvom tehnološkom raspravom srednjega vijeka. No, njega manje zanima poučiti zanatlije i umjetnike, a više pokazati da je tehnička umješnost dar Božji. U tekstu podijeljenom na tri dijela se oslanja na vlastito iskustvo. U prvom dijelu daje upute za izradu boja, tinte i zlatnih listića, te za iluminaciju rukopisa i izradu fresaka. Preporučuje »bizantski pergament«, što je prvo poznato spominjanje papira na Zapadu. Drugi se dio odnosi na staklo: peći za taljenje, smjese, proizvodnja staklenih ploča i posuda, prozora, vitraja... Treći se dio bavi obradom kovina, u koju je čini se bio najbolje upućen. Potanko opisuje radionicu za obradu raznih kovina, nadasve zlata, te pribor i alate, kao i postupke obrade. Metode koje opisuje Teofil koriste se u samostanskim zanatskim radionicama i nadasve su namijenjene gradnji i ukrašavanju crkvi.

8.5.5. Materijali: drvo, kamen i željezo

Srednji je vijek svijet drveta. Drvo je u ono doba bilo univerzalni materijal. A i to je drvo bilo slabe kvalitete, komadi manjih dimenzija i osrednje obrađeni. Veliki komadi u jednom dijelu, za jarbole ili krovnu konstrukciju, teško se sijeku i obrađuju, rijetki su i dragocjeni. Drvo je također bilo jedan od prvih izvoznih proizvod zapadnoga srednjovjekovlja, a prodavano je Arapima.

Željezo je na srednjovjekovnome Zapadu bilo rijetko. Sredinom 13. st. engleski franjevac Bartolomej u svojoj enciklopediji *De proprietatibus* još uvijek spominje željezo kao dragu kovinu, čovjeku korisniju od zlata. Željezo je bilo predmet pozornosti i čak se uspoređivalo s čudom. Kovač je u ranom srednjem vijeku bio izuzetna osoba, bliska vještcu. Dio tog ozračja valja zahvaliti kovaču kao kovaču oružja. Cijenu željeza u srednjem vijeku najbolje pokazuje pozornost koju mu pridaje sveti Benedikt, učitelj srednjovjekovnoga materijalnoga i duhovnoga života. U svojoj *Reguli* on posvećuje čitavo poglavlje brizi koju redovnici moraju posvećivati *ferramenta* – alatkama od željeza kojima raspolaže samostan. Opat ih smije povjeriti samo redovnicima u koje ima puno povjerenje, a izgubiti ili oštetiti takve alatke je ozbiljan promašaj za koji su predviđene stroge kazne. Vladari također pridaju veliku vrijednost željeznim plugovima i predviđaju visoke kazne za njihovu krađu.

Srednjem vijeku općenito nedostaje željeza. Vađenje ruda je nedostatno. Slaba djelotvornost naprava za kopanje i dizanje, kao i tehnička nesposobnost da se ukloni podzemna voda, ograničavaju vađenje na površinska i plitka ležišta. Željezo, bakar, olovo, sol, kositar, zlato i srebro, ne vade se u dovoljnoj količini i u većini slučajeva prerađuju se nerazvijenom opremom i tehnikom. Nadalje, uz nedostatak željeza u srednjem vijeku,

njegov je najveći dio namijenjen izradi oružja. Za plugove, srpove i kose, sjekire, preostaje tek mali dio proizvodnje. Poljoprivredno oruđe je mahom izrađeno od drveta. Veliki dio oruđa izrađenog od željeza je zapravo služio za obradu drveta – bradve, sjekire, svrdla, itd.

Materijal koji se u srednjem vijeku nadmeće s drvetom nije željezo, koje se zapravo koristi u malim količinama, već kamen. Drvo i kamen su temeljni materijali srednjovjekovne tehnike. Graditelji su u isti mah tesari i zidari. Od 11. st. nadalje veliki uzlet gradnje, koji je temeljna pojava srednjovjekovnog gospodarskog razvoja, sastoji se nerijetko u tome da se drvenu konstrukciju zamijeni kamenom: crkve, mostovi, kuće. Kamen je dugo ostao luksuz u odnosu na drvo. Kamen je u odnosu na drvo plemeniti materijal. Imati kuću od kamena znak je bogatstva i moći. Jedan od velikih tehničkih napredaka srednjovjekovlja bio je ponovni pronalazak kamenog svoda i izum novih sustava svođenja. Vrijeme, koje idealizira sve, idealizira i materijalnu prošlost te ostavlja živima tek njezine trajne dijelove, uklanjajući ono što je trošno, a to je gotovo sve. Srednji vijek za nas je veličanstvena zbirka kamena: katedrale i zamkovi. Ali to kamenje je tek beskrajno maleni dio onoga što je bilo. Ostala je tek poneka kost od drvena tijela i skromnijih materijala još podložnijih propadanju: slame, blata, nepečene opeke.

8.6. Vojna tehnika i feudalni sustav

Europsko gospodarstvo između 5. i 17. st. može se označiti kao feudalno. No jedino se od 11. do 14. st. pojavljuje posve razvijen »feudalni sustav«, zajedno sa svojom političkom i religijskom hijerarhijom i s odgovarajućom umjetnošću i učenošću. Gospodarski temelj feudalnoga sustava bila je zemlja. Karakterizira ga ovisnost o lokalnoj poljodjeljskoj proizvodnji, koja se uglavnom troši na mjestu proizvodnje, i raspršena rukotvorna industrija.

Razvoju feudalnog sustava donekle je pridonijela poljodjelska revolucija (vidi sljedeće poglavlje). Budući da je teški plug i njegov tim volova skupo oruđe, onkraj mogućnosti pojedinačnih ratara, on je doveo do razvoja zajedničkog vlasništva i obrazaca komunalne poljoprivrede i komunalnog uzgoja stoke, čime je učvršćeno srednjovjekovno selo i vlastelinski sustav kao temelj europskog društva barem do Francuske revolucije. Sustav otvorenih polja, koji je prihvaćen tijekom Karlova doba (8./9. stoljeće) omogućio je ratarima da udruže sredstva koja su im stajala na raspolaganju za oranje, uključujući životinje.

8.6.1. Vitez na bojnom konju

No usponu srednjovjekovne Europe nije tehnički pridonijela samo poljoprivreda. U vojnom području su tehnički izumi doveli do jedinstvenog

razvoja koji je karakterizirao europski feudalizam i koji je počeo otvarati put za globalnu dominaciju Europe.

Stremen je bio ključni izum koji je omogućio pojavu jednog od karakterističnih likova europskog feudalizma – oklopljenog viteza na oklopljenom bojnom konju. Do 9. stoljeća je u Europi ratnik na konju ostao na konju samo dok nije stigao do bojnog polja, kada bi sjahao i borio se kao pješak. Bez stremena koji osigurava stabilnost samo su se najvještiji konjanici mogli boriti kao prava konjica te zamahivati mačem i napinjati luk bez da izgube ravnotežu. Stremen su izumili Kinezi u 4. stoljeću i nakon toga se on širi prema zapadu. Stremen je iznimno jednostavna izrađevina, bez pokretnih dijelova, ali stabilizira ratnika na konju i omogućuje borbu s konja. Sa stremenom i primjereno oblikovanim sedlom je jahač s kopljem pričvršćenim za oklop postao moćna bojna jedinica, pri čem je impuls zamijenio mišiće u novoj vrsti vojevanja. No otvoreno je pitanje koliko je takvo koplje uistinu rabljeno na bojnom polju, tj. izvan viteških turnira. Prikazi s kraja 11. stoljeća i dalje prikazuju jahače u boju koji bacaju koplja. Europski se je vitez razvio u srednjovjekovni ekvivalent tenka, gdje su sve teže oklopljeni vitezovi i konji bili najmoćnija sila na bojnom polju. Europljani su konjici dodali dva izuma: ostruge i uzde.

Nova europska tehnika borbe na konju se skladno preplela s vlastelinskim sustavom uvedenim poljodjelskom revolucijom. Vitez je zamijenio seljaka-vojnika, uobičajenog u ranom srednjem vijeku, a biti vitezom je postao posao s punim radnim vremenom. Cijena opremanja viteza u oklopu, premda prilična, bila je unutar mogućnosti lokalnih vlastelina. Bojni konj je vrijedio 4-10 volova ili 40-100 ovaca. Tipični oklop, načinjen od željeznih prstenova, je vrijedio 60 ovaca. Kako je rasla cijena opreme, vojnu preobrazbu je slijedila društvena. Vitez je od vojnika srednjeg statusa postao član prestižne kaste.

Taj je sustav doveo do pravih feudalnih odnosa, gdje se vazalni vitezovi zaklinju na vjernost i daju svoje oružje u službu višem feudalnom vlastelinu u zamjenu za dio njegove zemlje, kojom vladaju i s koje ubiru porez u njegovo ime. Takvi lokalni odnosi su bili posebno prikladni za decentraliziranu narav europskih društava u srednjem vijeku. Za upravljanje ratarskim gospodarstvom koje ne zahtijeva hidrauličku nadgradnju nije potrebna snažna središnja vlast, usporediva s onom birokratskih civilizacija. Vlastelinski sustav je bio dobro prilagođen europskoj ekologiji. Pojava viteza i europskog feudalizma je dodatno iskovala primjereno lokalne odnose između sela i vitezova i vlastelina koji su njima vladali. Vitez – selo odnos je postao značajkom europskog feudalizma i vlastelinskog sustava, gdje selo duguje »obveze« crkvi i viteškoj vlastelinskoj kući. Preobraženo tijekom poljoprivredne revolucije, selo sada proizvodi višak potreban za izdržavanje vitezova, a ti su vitezovi održavali red, naplaćivali porez i presuđivali u sporovima na lokalnoj razini. Zbog prvorodstva, običaja da se feud prenosi na prvorodenog sina, rastao je broj vitezova bez zemlje i naposljetku je u Europi bilo više vitezova no što ih je ona mogla lako izdržavati.

8.6.2. Odlike feudalnog sustava

Ekonomska jedinica feudalnoga sustava je selo. Nad njime vlada hijerarhija plemića, svjetovnih ili crkvenih, te biskupa i kraljeva, pod nominalnom vrhovnom vlašću cara i pape. Svaki je plemić mogao držati jedno ili više sela, ili zemlju u različitim selima, gdje su njegovi kmetovi radili da bi uzdržavali sebe i njega. Oni su dužni raditi i prisiljeni i silom ako treba, ali nisu robovi, jer posjeduju i obrađuju i vlastitu zemlju. Plemić je zauzvrat morao jamčiti seljacima zaštitu, a glavna je opasnost prijetila uglavnom od drugih plemića. Glavna dužnost plemića je bila da pođe u rat kad ga gospodar pozove. Zbog nedostatka odgovarajućega prijevoza, viši plemići, čak i kralj s dvorom, morali su obilaziti svoja imanja da bi se prehranili. Plemići i svećenstvo (oko 10% stanovništva) su gotovo posve parazitirali na seoskoj ekonomiji.

Feudalizam je ponajprije ukupnost osobnih veza koje međusobno povezuju u hijerarhiju pripadnike vladajućih slojeva društva. Te se veze oslanjaju na »stvarnu osnovu« – beneficiju koju plemić dodjeljuje svome vazalu u zamjenu za stanoviti broj usluga i zakletvu vjernosti. Feudalizam u strogom smislu je vazalska vjernost i leno. Feudalni sustav se temelji na iskorištavanju zemlje putem vladavine feudalne hijerarhije – seniora i vazala – nad seljacima te nadilazi okvir vazalskog ugovora ne bi li svakom plemiću, krupnom ili sitnom, osigurao na njegovu posjedu ili feudu ukupnost nadasve širokih prava. Eksploatacija zemlje, posjed, temelj su društvenog i političkog poretka – vlastelinstva. Središte feudalnog ustroja jest dvorac. Jedna od značajnih pojava u povijesti Zapada od 10. do 13. st. jest utvrđeni zamak čiji vojni izgled ne bi trebao prikriti njegovo mnogo šire značenje.

Plemić i njegov vazal povezani su vazalskim ugovorom. Vazal se zaklinje na vjernost svome gospodaru. Najstariji tekstovi u kojima se taj pojam spominje datiraju s početka 11. st. Nakon sklopljenog vazalskog ugovora, vazal duguje svome gospodaru *consilium*, savjet, koji se općenito sastoji u obvezi sudjelovanja na skupovima što ih upriličuje plemić, a nadasve u dijeljenju pravde u njegovo ime, i *auxilium*, pomoć, uglavnom vojnu, a ponekad i novčanu. Vazal tako pripomaže plemićkoj upravi, sudstvu i vojsci. Zauzvrat, plemić svom vazalu jamči zaštitu. Protiv nevjerna vazala gospodar može odrediti kaznu, a glavna je konfiskacija feuda. Obratno, vazal može uskratiti povjerenje vlastelinu koji ne ispuni svoje obveze i, teorijski, popratiti to odricanjem od lena. Očigledno, sve se vrti oko lena. Feud najčešće određuje zemlju. To postavlja feudalizam na njegovu seosku osnovu i potvrđuje da je ponajprije riječ o sustavu posjedovanja i iskorištavanja zemlje. Povezanost vazala s lenom potvrđuje nasljednost lena, što je bitan čimbenik feudalnog sustava, a javlja se u 10. st.

Izuzev mogućnosti raskida vazalnoga ugovora, u feudalnom je sustavu političku igru omogućavao i pluralitet obveza jednog te istog vazala. Gotovo je svaki vazal bio čovjek nekolicine plemića, što ga je ponekad dovodilo u nepriliku, a ponekad mu omogućavalo da darežljivijem gospodaru podari prvenstvenu vjernost. Najmoćnija je vlastela stoga pokušavala, ali ne uvijek i uspijevala, osigurati si prioritarnu zakletvu.

Politička povijest srednjovjekovnoga Zapada nadasve je složena stoga što odražava krajnju rascjepkanost koja je posljedica razbijenosti ekonomije i

društva, i prigrabljivanja javne vlasti od strane čelnika više ili manje odjelitih skupina, što je jedno od obilježja feudalizma. Ali srednjovjekovna stvarnost Zapada nije samo atomizacija društva i njegove uprave nego su usto na djelu vodoravna i okomita isprepletenost vlasti. Između brojnih velikaša, Crkve, gradova, knezova i kraljeva, ljudi srednjega vijeka često ne znaju o kome su politički ovisni.

8.6.3. Samostrijel

Jedno od najvažnijih srednjovjekovnih oružja je samostrijel. Poznavali su ga Rimljani i Kinezi, ali u antičkoj formi nije bio osobito djelotvoran i iščeznuo je s bojnoga polja. Bit samostrijela je u tome da se luk postavljen na nosaču – kundaku – može jače napeti i tako dati veću brzinu strelici. Srednjovjekovni samostrijel se isprva napinjao tako da se nosač luka uspravno stavio na tlo, a strijelac je stavio stopalo u stremen na dnu nosača te se sagnuo da bi tetivu luka zakvačio za kuku na opasaču. Uspravljajući se napinjao je luk cijelim tijelom, a ne tek rukom, te je zakvačio tetivu za okidač. U žlijeb na nosaču je stavio debelu strijelu s teškim željeznim vrhom.

Samostrijel je bio skuplji od običnoga luka i duže se je pripremao za izbacivanje projektila, ali u obrani utvrde (u pravilu stotinjak zaštićenih branitelja protiv više tisuća napadača) to mu nisu bile mane.

Luk samostrijela je poboljšana na prijelazu iz 11. u 12. stoljeće, uvođenjem »kompozitnog« luka koji je mogao podnijeti jače napinjanje od običnog drvenog luka: s prednje strane luka je dodana traka životinjske tetive, a sa stražnje sloj roga. Kasnije, oko 1370., samostrijeli su se počeli izrađivati od čelika, što je njihov doomet povećalo na 400 m. Takvi su samostrijeli bili opremljeni različitim mehanizmima za napinjanje.

8.7. Problemi u 14. stoljeću

U 14. je stoljeću niz poremećaja poharao velike dijelove Europe te u ekološkom i demografskom smislu prekinuo nekoliko stoljeća europskog prosperiteta, koji je označio kasni srednji vijek.

Klima je u Europi postala hladnija i vlažnija, s užasnim posljedicama po žetvu i poljoprivrednu proizvodnju. »Velika glad« buknila je širom Europe u razdoblju 1315. – 1317., što je dovelo do gospodarske depresije ozbiljno pogoršane međunarodnom bankovnom krizom 1345., koja je trajala do duboko u 15. stoljeće (talijanske su rane banke kreditirale engleske kraljeve i druge vlade u nekim ratnim pohodima). U razdoblju 1347. – 1351. Europu je pomela bubonska kuga – »Crna smrt« – koja je pobila, ovisno o procjenama, četvrtinu ili trećinu ukupnog stanovništva, prema nekima i 40% (od oko 80 milijuna). Nestale su desetine tisuća sela, a kuga se sporadično pojavljivala sve do 18. stoljeća. Europa se je od toga demografski oporavila

tek oko 1600. Prvi izvještaji o epidemiji kuge u Kini i na Istoku se javljaju oko 1335.

Manje dramatično, ali ipak ne zanemarivo, bilo je premještanje papinstva iz Rima u Avignon tijekom većeg dijela 14. stoljeća, što je razorilo jedinstvo kršćanstva i podijelilo vjernost katolika na nekoliko papinskih linija. Valja spomenuti i Stogodišnji rat između Engleske i Francuske, koji je započeo 1338. i periodički uništavao francusko tlo do sredine 15. stoljeća. Osim toga, oko 1400. su bili česti seljački ustanci i društveni nemiri.

9. Srednjovjekovna poljodjelska revolucija

Oko 1000. godine zapadna je Europa bila na početku političke, društvene i gospodarske obnove. Nagli procvat cjelokupnog Zapada čini 11. stoljeće stoljećem istinskoga razvoja zapadnoga kršćanstva. Uzroci te obnove su brojni i složeni, a prije svega gospodarski. Na njih se nadovezuje javljanje snažnijih monarhija, sposobnih uvesti red i smanjiti nasilje te iznova osigurati granice prema sjeveru i istoku. U tom je poletu teško razlučiti uzroke od posljedica, budući da je većina vidova tog procesa istodobno bila jedno i drugo. No izvor tog uzleta valja tražiti u zemlji, koja je u srednjem vijeku bila izvor svemu.

Ne čini se da je vladajuća klasa bila neposredno zainteresirana za eksploataciju svojih posjeda, ali davanja i službe koje je očekivala od seljaka morali su potaknuti stanovito unapređenje metoda obrade zemlje. To je uzrokovalo »poljodjelsku revoluciju« između 10. i 13. stoljeća. Napredak u 10. st. očevidan je. To je vrijeme odlučnih novina na polju obrađivanja zemlje i prehrane. Nekoliko pokazatelja ukazuje na unapređenje poljoprivredne proizvodnje. Ponajprije dijeljenje *mansa*, zemljišne površine dovoljne za izdržavanje jedne obitelji, posjeda jednog seljaka, koji potiče od krčevina. U promjeni kalendara koju je uveo Karlo Veliki mjeseci se imenuju nazivima koji ukazuju na napredovanje tehnike obrađivanja zemlje. Sve je to povećalo prostor obradive površine i ljetinu. Uspon velikaša, zemljoposjednika i vitezova zajedno, stvorio je klasu kadru iskoristiti gospodarske prigode koje su joj se pružile: povećanu eksploataciju zemljišta i još ograničena tržišta.

Unaprjeđenje poljodjelstva u Europi nije slijedilo isti obrazac kao na drevnom Istoku, gdje je tehničko rješenje bilo umjetno navodnjavanje. Europa je već bila prirodno navodnjena dovoljnim padalinama tijekom proljeća i ljeta. Umjesto toga, europski su ratari proizvodnju mogli povećati jedino oranjem teškog tla u područjima koja nisu bila prikladna za obradu pomoću lakog sredozemnog pluga. Stoga je do europske poljodjelske revolucije doveo jedinstveni sklop tehničkih novina primjerenih jedinstvenim ekološkim uvjetima sjeverne Europe. Širenje trogodišnjeg plodoreda (tropoljnog sustava) omogućilo je povećanje obradivih površina (odmara se trećina, a ne polovica zemljišta). Raznolikost posijanih kultura omogućila je uspješniju borbu protiv vremenskih nepogoda. Korištenje asimetričnog pluga s kotačima i odgrnjačom i sve češće korištenje željeza za izradu poljodjelskih alata omogućili su dublja oranja uz češća ponavljanja. Sve je to poboljšalo prehranu stanovništva.

Faktori koji su prije sprječavali razvitak zapadne Europe – šume i tvrdo tlo – sada su ubrzali taj napredak. Od 10. st. pokazuju se vlastite gospodarske prednosti Europe. One su prvenstveno poljodjelske, zasnovane na prikladnosti klime i tla, kad su prevladane početne teškoće s sječom šuma i oranjem tvrda tla. Nema veće potrebe za navodnjavanjem, a manja je i erozija, naspram istočnoj Europi. Zbog toga su bili dovoljni lokalni i

nacionalni naponi (nije potrebno državno nadgledanje navodnjavanja i pravilnog korištenja tla). Ekonomija se, počevši s dna, mogla oporaviti od sela do sela. Polako ali neodoljivo rađala se nova civilizacija na solidnom temelju bogate, plodne i dobro obrađene zemlje.

Poljodjelska je revolucija stvorila bogatiju, produktivniju, urbaniziranu Europu i stvorila u njoj uvjete za razvoj moderne znanosti i tehnički napredak. No ta je nova Europa sadržavala i sjeme mnogih budućih problema: manjak tla, oskudicu drvene građe, pritisak rasta stanovništva, imperijalnu okrutnost, razorne epidemije, svjetske ratove i, naposljetku, globalnu ekološku krizu.

9.1. Sastavnice poljodjelske revolucije

9.1.1. Teški plug

Plug je najvažnija orača sprava, a svojom konstrukcijom omogućava dublje rezanje i prevrtanje zemlje na jednu stranu. Obrada plugom mrvi, miješa i okreće čestice tla, što tako obrađeno tlo čini vrlo pogodnim za razvoj usjeva. Plug za razliku od rala u pravilu ima kolica ornice, na koje se naslanja gredelj koji je kraći nego kod rala, a rezanje zemlje okomito u odnosu na površinu tla se obavlja pomoću crtala. Najveća razlika, a ujedno i najvažniji dio pluga, je daska ili odgrnjača, koja osigurava da plug može i prevaljivati zemlju. Pored toga, lemeš (vodoravno rezanje brazde) je proširen i oštar samo s jedne strane (asimetričan), a najčešće ima dvije ručice za upravljanje.

Prva novina poljodjelske revolucije bilo je uvođenje teškog pluga početkom 8. stoljeća. Zemlja je temelj materijalnoga života srednjovjekovlja, ali ona je škrta zbog toga što ljudi nisu sposobni iz nje mnogo izvući. Oruđe je rudimentarno, zemlja je loše obrađena, oranje je plitko. Dugo je u uporabi bio antički nepoduprti laki plug, primjeren površinskom tlu i neravnim terenima mediteranskog područja. To je u biti bila motika koju je vukao jedan ili dva vola, a polja su se orala unakrsno više puta. Njegov simetrični lemeš, ponekad prekriveno željezom, ali najčešće izrađen od drva otvrdnulog na vatri, prije grebe zemlju nego što je sječe. No »teški« je plug povećao poljoprivrednu proizvodnju time što je omogućio ratarima da obrađuju vlažne europske doline.

»Teški plug«, plug s crtalom, asimetričnim lemešom i odgrnjačom, s pokretnim prednjim dijelom, postavljen na kotače, zacijelo je bio značajan napredak. Bio je to gigant od drveta i željeza. Raskopavao je tlo do dubine korijena i prevrtao ga, dajući prave brazde i uklanjajući potrebu za unakrsnim oranjem. Teškom se plugu opiralo golemo trenje i stoga ga je moralo vući do osam volova.

Taj plug, jedan od najvažnijih srednjovjekovnih »izuma«, je antičkoga podrijetla i gotovo se sigurno razvio na temelju pluga s kotačima kojeg

opisuje Plinije Stariji u 1. st. Iako su teški plug izumili Rimljani, oni su ga rijetko rabili.

Poboljšana orma omogućila je uprezanje u paru (jedna životinja iza druge) i korištenje više volova za vuču teškoga pluga. Osim toga, počela su se koristiti i druga nova ili dotad rijetka oruđa, primjerice brana za usitnjavanje gruda zemlje nakon oranja te kosa (rijetko korištena u rimsko doba) i vile, potrebni za pripremu sijena za mnogobrojne volove.

9.1.2. Uprezanje i potkivanje konja

Druga novina, najspektakularnija i najznačajnija po posljedicama, bila je uporaba konja, koji je brži i izdržljiviji od vola, za vuču pluga. Takvu je uporabu konja omogućila »moderna zaprega« – niz tehničkih usavršavanja koja su oko 1000. godine omogućila bolje korištenje životinjske vuče i povećanje prinosa rada životinja. Moderno se uprezanje u biti sastoji u tome da se teret vuče prenese na ramena i da se nova orma dopuni potkivanjem – što je olakšalo kretanje životinje i bilo zaštitom za noge – i zapregom u nizu – što je omogućavalo vuču težih tereta.

Antička zaprega, koja je ormu stavljala na vrat, pritiskala je grudi životinje, otežavala joj disanje i brzo je umarala. Orma koju su koristili za konje bila je u biti ista kao za volove. Tradicionalna vratna orma, koju je vol podnosio zbog kratkog vrata, nije bila primjerena konju. Ta je orma bila donekle prikladna za volove (glavnu životinju za vuču), ali je bila posve neprikladna za korištenje konja u istu svrhu, jer je prsni pojas, čim bi konj jače povukao, skliznuo prema vratu i gušio životinju, drastično smanjujući efektivnu snagu.

Europljani su prilagodili konjski ovratnik koji se oslanja na konjska ramena i koji je zamijenio traku preko konjskih prsa. Novi način uprezanja je premjestio pritisak na životinju s dušnika na ramena i prsnu kost, omogućio životinji da lakše diše, što joj je pak omogućilo da snažnije vuče, i tako povećao učinkovitost konja pri vuči za četiri do pet puta. Konjski ovratnik je izum koji potiče iz Kine, iz 7. st. Prvi sigurni europski prikaz konjskog ovratnika nalazimo u jednom rukopisu iz približno 800. godine, ali se je ta nova tehnika proširila tek u 11. i 12. st.

To je, u kombinaciji s korištenjem željeznih potkova zamijenilo vola konjem kao glavnom životinjom za vuču. Prvi prikaz konja koji vuče poljodjelsko oruđe – branu – nalazimo na tapiseriji iz oko 1080. Željezne se potkove počinju rabiti u 9. ili 10. stoljeću, moguće je da su i one stigle iz Azije, ali bi mogle biti i izvorni europski izum. Ta je novina bila veoma važna i u poljodjelstvu i u prijevozu, jer je omogućila da konji obavljaju teže poslove. Neposredna je posljedica bila to što su sada konji mogli zamijeniti volove u vuči pluga. Uporaba konja, koji je brži od vola, za vuču i oranje omogućuje ubrzanje i povećanje broja obavljenih poslova. Istodobno su konjska kola zamijenila kola s volovskom vučom, jer su konjske potkove s čavlama omogućile uporabu konja za prijevoz tereta cestama.

Valja imati na umu da je veličina i snaga srednjovjekovnih teglećih životinja bila daleko manja od one današnjih. Tegleći je konj općenito manji od bojnoga, koji mora nositi oklop i teško naoružanoga konjanika. Tu se

potvrđuje prvenstvo vojnih potreba pred gospodarskim. Također, mnogi su se seljaci i velikaši skanjivali uposliti konja zbog njegove visoke cijene i teškoće njegove prehrane zobi. Stoga konj nije posvuda odmijenio vola. Do 12. stoljeća konju je dana prednost kao životinji za vuču kola. Upravlјivost kola je poboljšana na razne načine.

9.1.3. Tropoljni sustav obrade tla

Sljedeća sastavnica revolucije je bio razvoj tropoljnog sustava obrade tla. Klasični dvopoljni sustav, korišten u sredozemnim područjima u antici, tipično je podrazumijevao obradu jednog polja, ostavljajući drugo na ugaru (izorano, ali nezasijano polje, ostavljeno da se odmara). U novom tropoljnom obrascu koji je razvijen u europskim ravninama obradivo je tlo podijeljeno na tri polja, na kojima se je sađenje rotiralo tijekom trogodišnjeg ciklusa: za dva sezonska sijanja su korištena dva polja – za zimski usjev pšenice i za proljetni usjev zobi, graška, graha, ječma i leće – dok je treće polje ostavljano na ugaru. Nadalje, mahunarke vraćaju u tlo dušik, koji troše žitarice. Napredak tropoljnog sustava je omogućio uzgoj povrća bogatog bjelančevinama, poput boba, leće i graška, s visokom energijskom vrijednosti, što je čovječanstvu Zapada dalo snagu. Kaže se da je 10. st. puno graha!

9.1.4. Otvorena polja

Do 11. stoljeća selom su zavlādala dva komplementarna sustava: na razini sela i seljaka organizacija rada poznata kao »sustav otvorenih polja«, a na razini vlastelina »vlastelinski sustav«. Feudalni posjed je bio imanje vlastelina. Obično se je sastojao od zemlje koju je iskorištavao izravno vlastelin i zemlje koju su iskorištavali seljaci, a od kojih je vlastelin ubirao zakupninu i namete, uključujući i obvezu rada na njegovoj zemlji.

Podrijetlo sustava otvorenih polja je u 10. i 11. stoljeću, ali su izvori vrlo škrti. U 12. st. sustav je već dosegnuo zrelost. Nekoliko je čimbenika doprinijelo oblikovanju toga sustava. Jedan je rast stanovništva, koji je rascjepkao obiteljske posjede zbog dijeljenja nasljeđa među djecom ili samo sinovima. Drugi je kultiviranje nove zemlje, koja je dijeljena u trake prikladne za oranje. Treći je uporaba teškoga pluga, kojim je lakše obrađivati duge trake zemljišta nego kvadratna polja (često okretanje većeg broja upregnutih životinja je vrlo nespretno). Tako su s vremenom velika područja Britanije i kontinentalne Europe postala prekrivena selima okruženim s dva ili tri velika polja koja su činile kultivirane trake prilagođene reljefu, a ona bi se obrađivala redom zadanim dvopoljnim ili tropoljnim sustavom (stoga su seljaci imali zemlju u svim poljima), a na isti je način bila organizirana i zemlja koju je izravno koristio vlastelin. No u nekim se je područjima održao sustav izoliranih posjeda, a postojali su i drukčiji sustavi.

U takvom je sustavu rotacija polja postala organizirana i regulirana. Sve se je radilo u dogovoru – oranje, sijanje, žetva. Suradnja je glavna

značajka ovoga sustava. Ispunjavajući svoje obveze u radu i novcu prema vlastelinu, seljaci su oblikovali vlastitu samoupravu zasnovanu na pravilima koja su vladala njihovim radom. Tu se ne radi niti o slobodnom poduzetništvu niti o socijalizmu, već o specifičnoj srednjovjekovnoj tvorevini.

Teški plug i uprezanje konja su se dobro uklopili u sustav otvorenih polja. Plug je naglasio potrebu za suradnjom, budući da nisu svi seljaci posjedovali plug i tegleće životinje. Konjska balega se lakše prikuplja (konj se hrani u štali), što je povećalo uporabu gnojiva.

9.2. Demografski rast

9.2.1. *Graditeljski procvat – vanjski znak poleta kršćanstva*

Poljodjelska je revolucija imala brojne i dramatične društvene posljedice. Kroničari navode kako su se početkom novog tisućljeća, odmah nakon 1000. godine, posvuda obnavljale crkve, i gdje je trebalo i gdje nije trebalo. Bio je to najblizaviji izvanjski znak poleta kršćanstva, koji se je potvrđivao oko 1000. Taj je graditeljski procvat odigrao ključnu ulogu na srednjovjekovnome Zapadu između 10. i 14. stoljeća, ponajprije u smislu gospodarskoga poticaja. Gradilišta su postala središta prve i gotovo jedine srednjovjekovne industrije: proizvodnja sirovina na veliko, usavršavanje tehnologija i alata, okupljanje radne snage, novčano pokrivanje radova. No taj graditeljski zanos nije primarna pojava. On je sukladan potrebama, od kojih je prva bila pružiti stanište sve brojnijem pučanstvu.

9.2.2. *Demografski rast*

Demografski je rast bio prva i najspektakularnija posljedica napretka. Proljetni usjev povrća i zobi je značajno poboljšao prehranu običnih ljudi u Europi. Također je povećao produktivnost europske poljoprivrede do 50%, što je omogućilo porast stanovništva i rast europskih gradova tijekom kasnog srednjeg vijeka. Prema jednoj procjeni zapadna je Europa oko 600. godine imala oko 15 milijuna stanovnika, oko 950. godine 23 milijuna te 1348. godine, prije Velike kuge, 54 milijuna. Prema drugoj procjeni zapadna Europa je oko 700. godine imala 27 milijuna stanovnika, oko 1000. godine do 42 milijuna te 1300. godine 73 milijuna. Stanovništvo Pariza je od 1000. do 1300. godine poraslo za više od deset puta, do 228 000 stanovnika.

9.2.3. *Širenje kršćanskog Zapada*

Demografski je rast bio odlučan za širenje kršćanstva. Uvjeti feudalnoga načina proizvodnje ipak nisu omogućavali kvalitativne pomake u

poljodjelskoj proizvodnji koji bi odgovarali potrebama nastalim demografskim rastom. Preostalo je povećati prostor obradivih površina. Prvo obilježje širenja kršćanskog svijeta u razdoblju od 10. do 14. st. bio je snažan pokret krčenja. Najčešće su nova polja bila tek proširenje starih na račun ugara i pašnjaka. Krčevine dobivene paljenjem potiskivale su područje šikare, ali su se rijetko doticale visoke šume, kako zbog neprikladnog alata, tako i zbog želje vlastele da očuva svoja lovišta, a seoskih zajednica da ne unište zalihe šume, koje su bile ključne za srednjovjekovno gospodarstvo. Također su se isušivale močvare i stvarali polderi.

Usporedno s tim »unutrašnjim« širenjem, kršćanstvo je doživjelo i vanjsko širenje, kojemu je dalo prednost, jer su se vojna rješenja pokazala lakšima. Širenje kršćanstva u Europi, koje je veoma oživjelo u 8. st. i nastavilo se u 9. i 10. st., postalo je gotovo u cijelosti udjelom Nijemaca, koji su zaposjeli granice kršćanstva u dodiru s neznabošcima Sjevera i Istoka. Teški je plug omogućio obrađivanje dotad neiskorištene zemlje, napose bogatog naplavnog tla europske ravnice, što je pak omogućilo pomicanje europske poljoprivrede na sjever.

Francusko je širenje jednako dojmljivo. Kolijevka mu je bila sjeverna Francuska, u kojoj je demografski rast bio na vrhuncu u dolinama u kojima je agrarna revolucija polučila najdjelotvornijim rezultatima. Sjeverna je Francuska kolonizirala južnu, zahvaljujući križarskom ratu protiv bogumila (katara), koji je završen Pariškim mirom 1229. Naročito je snažna bila francuska emigracija u Španjolsku. Jedan od velikih uspjeha kršćanskoga širenja između 10. i 14. st. jest oduzimanje gotovo cijele Španjolske muslimanima, što su ga izveli plaćenici i vitezovi, mahom Francuzi. »Rekonkvista« je doživljavala poraze, uspjehe bez budućnosti i duge zastoje, ali potkraj 13. st. muslimani su u Španjolskoj stjerani u malo Kraljevstvo Granade. Rekonkvistu prati sustavno naseljavanje, Španjolcima sa sjevera i nadasve Francuzima, i obnova napuštene zemlje.

Križarski rat vođen u Svetoj zemlji, koji je u konačnici polučio osrednjim rezultatima, po Zapad prije štetnim nego korisnim, bio je svojim psihološkim odjekom vrhunac pokreta širenja srednjovjekovnoga kršćanstva. U pokretanju križarskih ratova ključnu su ulogu imali materijalni uzroci, demografski prije nego gospodarski. Ali valja ipak obratiti pozornost na duhovni i osjećajni kontekst križarskih ratova. Prvotni je mamac bila želja za osvajanjem zemalja, bogatstva, posjeda. No križarski ratovi nisu donijeli kršćanstvu trgovački procvat, rođen iz ranijih odnosa s muslimanskim svijetom i iz unutrašnjega razvoja zapadnoga gospodarstva. Nisu mu donijeli niti tehnologiju i proizvode, koji su dospjeli drugim putovima. Nisu mu donijeli ni znanost, koju su podarile knjižnice Grčke, Sicilije i Španjolske. Ukratko, križarski ratovi nisu potaknuli buđenje i razvoj trgovine srednjovjekovnoga kršćanstva. Oni su, naprotiv, pridonijeli osiromašenju Zapada, napose viteškoga sloja i rađanju nacionalnih suprotnosti (opisi koji prikazuju mržnju između Francuza i Nijemaca), produbljenju konačnoga jaza između Zapadnjaka i Bizanta (križari su zauzeli i opljačkali Carigrad 1204.), rađanju najgorih pretjeranosti, pogroma, pokolja i pljački, sve težim papskim novčanim terećenjima i prodaji oproštajnica, te naposljetku povlačenju vojnih redova, koji nisu bili u stanju obraniti i održati Svetu zemlju, na Zapad, gdje su se odali svim vrstama novčanih i vojnih iznuda.

9.3. Obnova i uloga gradova

Seoba iz sela u grad između 10. i 14. st. jedan je od glavnih fenomena kršćanstva. Grad oblikuje novo društvo, koje je dakako sastavni dio feudalnoga društva. Feudalci ponekad u gradu imaju svoje boravište. Ugledni građani podražavaju plemićki način života. Gradsko stanovništvo ostaje u manjini u svijetu koji je prije svega ruralni. Ali malo-pomalo to urbano društvo uspijeva podrediti vlastitim težnjama poruke što dolaze sa sela.

Većina gradova je poticala iz antičkih vremena, čak i u barbarskim zemljama. U srednjem su vijeku rijetka osnivanja novih gradova. No ti srednjovjekovni gradovi nisu isti kao njihove preteče. U rimskome svijetu gradovi su bili politička, upravna i vojna središta, a tek potom gospodarska. U ranom srednjem vijeku, zbijeni u kutu negdašnjih bedema koji su im postali preširoki, postupno su se sveli isključivo na političke i upravne službe. Svoju važnost nisu zahvaljivali nazočnosti vladara (koji su radije putovali i boravili na selu) ili nekog visokog službenika (kojih je bilo malo izvan kraljevskoga dvora), već nazočnosti biskupa.

Činjenica da se srednjovjekovni grad smjestio pokraj stare jezgre često pogrešno budi uvjerenje u kontinuitet urbanosti od prvog tisućljeća do srednjeg vijeka. To je grad predgrađa. Iako se može govoriti o kontinuitetu, veliki su srednjovjekovni gradovi uglavnom slijednici malih gradova iz vremena antike ili ranog srednjeg vijeka: Venecija, Firenca, Genova, Pisa, čak i Milano, Pariz, Brugge, London, Hamburg zapravo su srednjovjekovne tvorevine. Uz poneku iznimku, najznačajniji rimski gradovi u srednjem su vijeku nestali ili postali od drugorazrednoga značenja.

Isprva su gradovi obuhvaćali zanemariv postotak stanovništva. Čak i krajem srednjega vijeka u najurbaniziranijim područjima poput Italije, jedva da su obuhvaćali više od 5% stanovništva (prema nekim je procjenama pak oko 1380. gotovo polovica stanovništva Flandrije i Brabanta živjela u gradovima). Ipak su postali odlučujuće važni, jer se u njima oblikovala buržoaska klasa, koja će zasnovati kapitalizam. Oni će također postati žarište nove utilitarne znanosti, radikalno drukčije od antičke. No tijekom srednjeg vijeka gradovi nisu imali te revolucionarnu ulogu. Kad su dosegнули nužne slobode dobro su se uklopili u ruralnu feudalnu ekonomiju.

Kako su u 12. st. gradovi rasli, nastojali su se osloboditi od ograničenja Crkve i feudalnih institucija. U Njemačkoj i Italiji, gdje je središnja vlast bila najslabija, postali su gotovo neovisni gradovi-države. U Francuskoj i Engleskoj ostali su podčinjeni kraljevskoj vlasti, ali ne i feudalnoj. Živjeli su od razmjene manufakturnih roba za višak koji je proizvodila feudalna ekonomija.

Dugoročno, procvat gradskoga stanovništva podriva feudalizam, ali u 13. st. još je daleko od toga da njime upravlja, čak ni na gospodarskom polju. Trebat će proći stoljeća da rastuća udaljenost između gospodarske moći i društvene i političke slabosti viših gradskih slojeva potaknu buržoaske revolucije 17. i 18. st. Kriza koja počinje nagrizati plemićki prihod,

»feudalnu rentu«, početak će u 14. st. općom krizom koja je u svojoj biti bila kriza feudalizma.

9.3.1. Gospodarska uloga gradova

Srednjovjekovni se grad razvija na temelju svoje gospodarske uloge. Nastanak i procvat srednjovjekovnih gradova valja pripisati složenu kompleksu poticaja i različitim društvenim skupinama. Gradovi su privlačili nove bogataše, došljake odbjegle sa zemlje, ali s njima i pripadnike vladajućih slojeva, zemljišno plemstvo i svećenstvo, koji su pritom odigrali ključnu ulogu. Procvatu grada mnogo su pridonijeli i službenici feudalne gospode. Snažno urbanizirana područja bez sumnje su područja do kojih vode veliki trgovački putovi. Ali to su i područja najplodnijih nizina i najnaprednijega poljodjelstva. Teško je utvrditi što je u tijesnom odnosu selo-grad u srednjem vijeku bilo uzrokom, a što posljedicom. Da bi nastali, gradovi trebaju povoljno seosko okruženje, ali, kako su se razvijali, oni su sve snažnije utjecali na širu okolicu sukladno svojim potrebama – gradsko stanovništvo valja prehraniti.

U početku je grad bio nadasve mjestom razmjene, trgovačkim čvorištem, no ipak je njegova ključna uloga na tom polju proizvodna djelatnost. On je gradilište, a na tom gradilištu se javlja podjela rada. Na selu je posjed u ranom srednjem vijeku koncentrirao svekoliku proizvodnu djelatnost, unatoč tome što je njegovao i neku zanatsko-tehničku specijalnost. Ali s gradovima je ta specijalizacija dosegla vrhunac. Zanatlija je prestao biti također i ponajprije seljak, a građanin je prestao biti također i ponajprije zemljoposjednik.

U 13. su se stoljećima europski gradovi po veličini i važnosti počeli približavati antičkim i onovremenim azijskim gradovima. Pariz, London, Gent, Brugge, Köln, Firenca, Genova, Pisa i drugi gradovi bili su dom sve veće populacije obrtnika i trgovaca neovisne o feudalnim institucijama. Za razliku od gradova kasnog rimskog perioda – koji su prije svega vojna i administrativna središta – ili ranosrednjovjekovnih gradova – koji su gotovo isključivo središta biskupija – gradovi 13. st. su gospodarska središta, središta obrtničke proizvodnje i trgovine.

U kojoj su mjeri zanatlije tada dominirali gradskim životom pokazuje podatak da je krajem 13. st. od 50 000 stanovnika Bologne, njih 36 000 bilo pripadnici cehova ili njihovi rođaci.

Ne treba pretjerivati kad se govori o dinamici i neovisnosti novih zanimanja. Feudalci i nadalje nadziru gospodarsku djelatnost postavljajući joj brojne gospodarske i institucionalne prepreke. Udruženja koja obuhvaćaju nove znate prije svega uklanjaju konkurenciju i ograničavaju proizvodnju. Ta se ekonomija mahom ograničuje na zadovoljavanje lokalnih potreba i rijetki gradovi proizvode za izvoz.

9.3.2. »Trgovačka revolucija«

Ta uloga vođe i pokretača što će je nadalje preuzeti grad, ponajprije se potvrđuje na gospodarskom polju. Gradovi su čvorišta trgovačke razmjene. Trgovinu na duge staze održavaju jedino luksuzni proizvodi (tkanine, začini) i oni prijeko potrebni (sol). Glomazna roba (žitarice, drvo) tek postupno postaje njezinim dijelom. Skromna srednjovjekovna trgovina koja se u ranom srednjem vijeku ograničavala na riječne putove, postupno se, u razdoblju od 10. do 14. st. osmjelila i na kopnene i morske. Prijelaz na konje je smanjio troškove prijevoza robe, tako da je veći broj sela mogao sudjelovati u regionalnom, nacionalnom i međunarodnom gospodarstvu.

Oslanjajući se na gradove ta velika trgovina u nastajanju potaknula je još dvije pojave od odlučujućega značenja. Prvo, trgovina je otvaranjem ispostava u dalekim zemljama dovršila širenje srednjovjekovnog kršćanskog svijeta. Drugo, velika je trgovina odigrala ključnu ulogu u širenju novčane privrede. Gradovi, središta potrošnje i razmjene, morali su se sve više oslanjati na novac da bi upravljali svojim poslovanjem. Uvodeći se na selo, mijenjajući feudalnu rentu, razvoj novčane privrede bit će odlučni činitelj preobrazbe srednjovjekovnog Zapada.

Dvojbeno je je li kršćanstvo dobilo išta križarskim osvajanjem Jeruzalema, ali su talijanske luke, napose Pisa i Genova, svakako profitirale od kolonizacije obalnih gradova Levanta. Trgovina luksuznim proizvodima Orijenta preko tih kolonija odigrala je važnu ulogu u procesu koji neki nazivaju »srednjovjekovnom trgovačkom revolucijom«. Na sjeveru su neki njemački gradovi – Köln, Bremen, Hamburg – postali velika trgovačka središta.

Nakon 950. opaža se stalni porast proizvodnje tkanina, keramike, proizvoda od kože i mnogih drugih dobara. Tijekom 10. st. raste raznovrsnost proizvoda i njihova kvaliteta. Cijene proizvoda su rasle, ali je u njihovu proizvodnju trebalo ulagati sve manje rada, zbog djelotvornijega upravljanja proizvodnjom, uporabe novih izvora energije, poboljšanja alata i strojeva te boljeg transporta i distribucije. Sada je Europa počela izvoziti tkanine (vuna) i metalnu robu (željezo, bakar, alati, oružje i oklopi) u Afriku, na Bliski istok pa čak i u Aziju.

Rast industrije značio je rast gradova, koji u 11. i 12. st. prestaju biti tek vojna i upravna središta te postaju prije svega središta trgovine i proizvodnje. Počevši u Italiji u 10. st., gradski poduzetnici i obrtnici uspostavljaju »komune«, proglašavajući se slobodnim ljudima koji duguju podaničku vjernost jedino kralju, koji ubire porez ali ih inače pušta na miru. Lukava vlastela je oslobađala građane od feudalnih obveza, kako bi ih zadržala u »svojim« gradovima.

Glavna odlika trgovačke revolucije je sajam. Sajmovi potiču iz rimskih vremena, a tijekom ranoga srednjeg vijeka održali su se u pomorskim središtima, gdje su se susretali domaći i strani trgovci. Sajmovi su se s vremenom u Italiji i Francuskoj širili u unutrašnjost. Kraj Pariza je godišnji sajam otvoren oko 635. Tijekom 9. stoljeća sajmovi postaju brojni i šire se prema sjeveru i istoku.

Antika nije razvila djelotvorne instrumente kreditiranja, a Crkva je branila uzimanje kamata na zajam. Obnova trgovine potaknula je uvođenje

kreditiranja oblikovanog tako da se zaobiđe zabrana Crkve, primjerice kroz podjelu profita ili tečajne razlike.

Što se tiče tkanine, gradovi 11. i 12. st. nisu bili proizvodna središta, već prije trgovačka. Prikupljali su vunenu tkaninu iz okolnih sela i prodavali ju na tržištima Baltika i Sredozemlja. Poduzetnici koji su se bavili tim poslom oblikovali su udruženja – trgovačke cehove – najprije u Italiji u 10. stoljeću. Tako su nastali moćni monopoli koji su u mnogim gradovima zavladaali i političkim, a ne samo gospodarskim životom. U Firenci su članovi *Arte di Calimala* kupovali tekstilne poluproizvode na sajmovima u Francuskoj i od njih proizvodili luksuznu robu istančanim postupcima konačne obrade i bojenja. Boje su bile uvozne i skupe. Komad takve tkanine je vrijedio koliko trogodišnja zarada zidara.

Glavni materijal tekstilne industrije bila je vuna, ali je i lan zadržao važnost. Do 12. st. se u Italiji počeo u zamjetnoj mjeri proizvoditi pamuk i svila. I proizvodi i tehnike su preuzeti od Arapa, uz dvije razlike. Kod Arapa je tekstilna industrija uglavnom bila u rukama središnje vlasti i smještena uz izvore sirovina. U Italiji je pak ona bila u rukama privatnih poduzetnika, a sirovina je uvožena. Tijekom 11. st. svila se i dalje uglavnom uvozila, iz islamskih zemalja i Azije, premda je u Bizantu industrija svile već bila razvijena. No tijekom 12. stoljeća i u Italiji se javlja industrija svile.

Postupno su se i druge proizvođačke djelatnosti počele isticati u nekim gradovima ili pokrajinama: primjerice, Murano (Venecija) je postao znamenit po proizvodnji fine staklene robe, a Milano po proizvodnji oružja i okopa. No većina gradova nije bila tako specijalizirana. Premda je u 12. stoljeću jedino proizvodnja tekstila dosegla status velike komercijalne industrije, obrtnička proizvodnja je cvjetala. Unatoč predrasudama zemljoposjedničke aristokracije prema onima koji za život zarađuju svojim rukama, ona je stekla znatan ugled. U tom se ugledu zrcali specifično srednjovjekovna narav rada, u kojoj se susreću briga za kvalitetu i ponos obrtnika. Svaka je izrađevina u stanovitom smislu bila umjetničko djelo.

U 12. su se stoljeću cehovima trgovaca pridružili cehovi obrtnika. Glavne uloge tih cehova bili su uzajamna pomoć i kontrola proizvodnje: kvalitete, cijene, radnog vremena, nadnice. Svaki je ceh imao monopol nad svojim obrtom. U kasnijem su se dobu neki cehovi opirali prihvaćanju tehničkih novina, no po nekim je mišljenjima takav stav bio potaknut brigom za kvalitetu proizvoda.

9.3.3. Sveučilišta

Općenito je prihvaćeno da postoji bliska veza između urbanizacije i obrazovanja. Jačanje obrazovnog sustava uslijedilo je odmah po reurbanizaciji Europe u 11. i 12. st. Prototip škole u ranom srednjem vijeku bila je samostanska škola – seoska, izolirana od svjetovnog okruženja i ograničena po svrhama. Samostansko je okruženje ostalo u 11. st., i u manjoj mjeri u 12. st., najprimjereneje razvoju kulture i umjetnosti. Ali kulturni prijenos kojim je prevlast samostana preuzeo grad, dobro se uočava u dvije oblasti: u obrazovanju i arhitekturi.

Tijekom 12. st. gradske škole odlučno potiskuju samostanske. S urbanizacijom stanovništva, različite gradske škole, koje su dotad davale zanemariv doprinos naobrazbi, izlaze iz sjene samostanskih škola i postaju glavna obrazovna sila. Među takvim školama su bile katedralne, biskupske škole, te različite javne škole, osnovne i više, koje nisu bile izravno usmjerene na vjerske svrhe, već su bile otvorene svima koji su si ih mogli priuštiti.

Obrazovni ciljevi novih gradskih škola bili su mnogo širi od onih samostanskih škola. Program se je razlikovao od škole do škole, ali su one općenito proširile i preusmjerile gradivo tako da bi se zadovoljile praktične potrebe različite klijentele, koja je ciljala na državne ili crkvene položaje. Čak su i katedralne škole proširile gradivo. Ako su ambicije učitelja išle onkraj okvira katedralne škole, mogli su se odvojiti od katedrale i nastaviti poučavati samostalno. Škole su mogle postati pokretne, ustanovljene učiteljem kojeg su učenici slijedili. U gradskim se školama poučavala logika, kvadrivij (aritmetika, geometrija, astronomija i teorija glazbe), teologija, pravo i medicina u daleko većoj mjeri nego u samostanskim školama.

Oko godine 1100. tipična je gradska škola bila malena, činio ju je jedan učitelj i 10-20 učenika. Do 1200. škole su se dramatično umnožile i narasle. Ne postoje točni podatci, ali su vodeća središta poput Pariza, Bolonje i Oxforda nedvojbeno brojila stotine učenika. Između 1190. i 1209. je u Oxfordu poučavalo više od 70 učitelja. U tijeku je bila obrazovna revolucija, potaknuta europskim bogatstvom, potrebama za obrazovanim ljudima i primjerom učitelja poput Petra Abelarda. Iz te je revolucije izronila nova institucija, europsko sveučilište, koja je igrala vitalnu ulogu u promicanju filozofije prirode.

Nedostatak pisanih izvora onemogućuje preciznu rekonstrukciju procesa nastanka sveučilišta, ali nešto se ipak može reći. Vjerojatno je proširenje mogućnosti osnovnoga obrazovanja, koje se svodilo na latinsku gramatiku i temeljnu aritmetiku, dovelo do toga da su intelektualno ambiciozniji učenici tragali za višim obrazovanjem. Neki su gradovi, poput Bolonje, Pariza i Oxforda, došli na glas po naprednoj nastavi iz slobodnih umijeća, medicine, teologije i prava. Stoga su u te gradove pristizali učenici i učitelji. Učitelji su tu poučavali u okviru postojeće škole ili kao nezavisni učitelji, koji su poučavali za naknadu.

S rastom broja učitelja i učenika pojavila se potreba za organizacijom, da se osiguraju prava, povlastice i pravna zaštita (budući da su mnogi učitelji i učenici bili stranci, bez lokalnih građanskih prava), da se uspostavi nadzor nad obrazovanjem i da se općenito unaprijede životne okolnosti. Kao model za to poslužio je ustroj cehova, koji su se istodobno razvijali među obrtnicima i trgovcima. Stoga su se učitelji i učenici organizirali na sličan način. Takav je ceh nazvan »univerzitetom«, sveučilištem, što je izvorno označavalo skupinu ljudi koja se bavi istim poslom. Sveučilište tada nije bilo neko zemljište ili skupina zgrada, niti povelja, već naprosto udruženje učitelja (»master«, »magistar«, majstor) i učenika. Budući da takvo sveučilište nije imalo posjeda, bilo je veoma pokretno i moglo se je preseliti u drugi grad, koji bi mu ponudio bolje uvjete.

Potekla iz biskupskih škola, nova školska središta oslobađaju ih se izborom svojih nastavnika i polaznika te svojim programom i metodama.

Studiranje i nastava postaju zanimanjem, jednom od brojnih djelatnosti koja se specijalizirala na gradskome gradilištu. Sveučilišta su tek korporacije učitelja i učenika, sa svojim razlikama i pojedinostima.

Rana sveučilišta stoga nisu utemeljena neke određene godine, već su postupno izrasla iz postojećih škola. Obično se smatra da su majstori Bolonje stekli status sveučilišta do 1150., majstori Pariza oko 1200. (neki smatraju oko 1160.), a oni Oxforda do 1220. (ili čak do 1170.). Kasnija su sveučilišta oblikovana po uzoru na ova. Osim Bolonje, Pariza i Oxforda u 13. st. je osnovano još 17 sveučilišta, do kraja 14. st. ih ima 45, a do kraja 15. st. 78.

Ciljevi takvih udruženja bili su samouprava i monopol, što se svodilo na nadgledanje pouke. Postupno su sveučilišta u različitoj mjeri stekla slobodu od vanjskih uplitanja i time pravo da uspostave standarde i postupke, da utvrde kurikulum, školarine i zvanja, te mjerila za položaj učenika i učitelja. To su uspjela na temelju pokroviteljstva papa, careva i kraljeva, koji su ponudili zaštitu, jamčili povlastice i osigurali imunitet od lokalnih poreza i sudstva. U nekoliko je epizoda Crkva odlučujuće intervenirala, ali sveučilišta su uglavnom uspjela osigurati pokroviteljstvo i zaštitu bez uplitanja.

Jedna od najznačajnijih odlika programa bio je visok stupanj ujednačenosti među sveučilištima. Srednjovjekovna sveučilišta, iako su se ponešto razlikovala po naglascima i specijalnostima, razvila su zajednički program, koji se sastojao od istih predmeta poučavanih na temelju istih tekstova. To je bilo u svezi, i kao uzrok i kao posljedica, s velikom pokretljivošću srednjovjekovnih učitelja i studenata. Magistar je smio poučavati bilo gdje. Po prvi put u povijesti pojavio se obrazovni proces međunarodnog opsega, kojeg su provodili učenjaci svjesni svog intelektualnog i profesionalnog jedinstva i koji je nudio standardizirano više obrazovanje čitavom naraštaju studenata.

To je standardizirano obrazovanje prenosilo metodologiju i svjetonazor zasnovan u biti na antičkoj intelektualnoj tradiciji. Metodološki, sveučilišta su bila posvećena kritičkom propitivanju znanja kroz uporabu aristotelske logike. Sustav vjerovanja koji je izrastao iz takve metode integrirao je grčku i arapsku učenost sa zahtjevima kršćanske teologije. U srednjovjekovnim je sveučilištima grčka i arapska znanost napokon pronašla siguran institucionalni dom.

Također treba naglasiti da su unutar tog obrazovnog sustava srednjovjekovni magistri imali priličnu slobodu. Naravno, postojale su široke teološke granice, ali unutar tih granica magistri su imali zapanjujuću slobodu mišljenja i izražavanja. Gotovo da nije bilo nauka, filozofskog ili teološkog, koje nije bilo izvrgnuto pomnom ispitivanju i kritici. Srednjovjekovni magistar, napose magistar koji se je specijalizirao u prirodnim znanostima, ne bi o sebi mislio kao o nekom tko je ograničen ili opterećen antičkim ili religijskim autoritetom.

9.3.4. Zaokret prema realizmu i racionalizaciji života

Jedna od iznimno važnih posljedica jačanja gradskih škola i uspostave sveučilišta je postupni intelektualni zaokret prema racionalizaciji života i realizmu, koji će se u punom sjaju pokazati u renesansi, koja će oživjeti interes i sklonost prema tjelesnom svijetu u svim njegovim aspektima, pa i onom gospodarskom, tehničkom i znanstvenom.

Kao što smo prije rekli, umaknuti ovom zaludnome, razočaravajućem i nezahvalnom svijetu neprestana je težnja srednjovjekovlja, od najviših do najnižih razina. Pronaći s one strane zemaljske lažljive stvarnosti skrivenu istinu bilo je glavnom zaokupljenošću ljudi srednjovjekovlja. Koprene ispunjaju srednjovjekovnu književnost i umjetnost, a intelektualni ili estetski iskorak srednjovjekovlja ponajprije je skidanje koprene.

No uz taj magijski mentalitet i osjetilnost, pojavljuju se i razvijaju druge strukture, nadasve u gradovima i preko njih, budući da se oni brže razvijaju. Već primjetne u 12. st. te su preobrazbe dosegnule vrhunac u 13. st. Gradske su škole, poput europskog društva općenito, doživjele stanovit »racionalistički« obrat, pokušaj da se razum uporabi u najrazličitijim područjima ljudskog života, poput racionaliziranja trgovine te crkvene i državne uprave putem vođenja knjiga.

Možda je najvažnija promjena koju nam otkriva umjetnost srednjega vijeka ona u kojoj se očituje – s novim sustavom predočivanja koji se nazivlje *realizmom* i *naturalizmom* – novi pogled na svijet, novi sustav vrijednosti. Taj se pogled nadalje zaustavlja na izvanjskom izgledu i umjesto da bude tek pukim simbolom skrivene stvarnosti, osjetni svijet postaje vrijednost za sebe, predmet neposredna užitka. U gotičkoj je umjetnosti cvijeće stvarno cvijeće, ljudske crte individualne su crte, proporcije iskazuju materijalne mjere, a nemaju simbolično značenje.

Zacijelo, ta je desakralizacija svijeta u stanovitom smislu osiromašenje, ali je i oslobođenje. Sve u umjetničkom djelu kazuje da umjetnik shvaća ozbiljno osjetilni svijet, da u njemu uživa. Opadanje simbolizma, u svakom slučaju njegovo povlačenje pred opipljivom stvarnošću, ukazuje na duboku promjenu osjetilnosti. Čovjek, umiren, promatra svijet poput Boga nakon stvaranja, i nalazi ga lijepim i dobrim.

9.3.5. Prevoditeljski pokret

Oživljavanje učenosti počelo je kao pokušaj da se izuče i uporabe tradicionalni latinski izvori. No prije kraja 12. st. taj je pokret preobražen unosom novih knjiga s novim idejama, prevedenih s grčkog i arapskog. Taj je novi materijal korjenito promijenio intelektualni život Zapada. Do tada se je zapadna Europa borila da umanja intelektualne gubitke; sada se je suočila s problemom asimiliranja novih ideja.

Razdvojenost Istoka i Zapada nikada nije bila potpuna – ratnici, putnici, trgovci, veleposlanici, čak i učenjaci poput Gerberta, održavali su veze. Iako su, promatrani pojedinačno, ti kontakti bili od male važnosti, zajedno su s vremenom na Zapadu stvorili sliku islamskih zemalja, i manje

Bizanta, kao posjednika velikog intelektualnog bogatstva. Zapadnim učenjacima željnih novog znanja postalo je jasno da je obraćanje tim intelektualno nadmoćnim kulturama najbolje što mogu učiniti.

Godine 711. muslimani su okupirali Španjolsku. Između 9. i 12. stoljeća dvorovi kalifa u Španjolskoj bili su mjesta najviše kulture u Europi. Tu su muslimanski, židovski i kršćanski učenjaci pronalazili, skupljali i proučavali preostale primjerke spisa grčkih filozofa u knjižnicama kojima nije bilo ravna u kršćanskome svijetu. Tijekom 11. i 12. stoljeća počinju otud u kršćansku Europu prodirati latinski prijevodi arapskih i hebrejskih spisa. Posebno su uzbuđenje proizveli prijevodi i komentari Aristotelovih spisa, koji prije nisu bili poznati kršćanskomu svijetu.

Poticaj za prijevode bila je široko definirana korisnost. Medicina i astronomija su u 10. i 11. st. pokazale put. U ranom 12. st. čini se da je naglasak bio na astrološkim djelima i matematičkim raspravama koje su davale znanje potrebno za prakticiranje astronomije i astrologije. Medicina i astrologija su počivale na filozofiji, stoga je barem djelomično u drugoj polovici 12. st i u 13. st. pozornost usmjerena na Aristotelovu fiziku i metafiziku i na djela njegovih komentatora, uključujući muslimane Avicenu i Averoesa. Do kraja 12. st. latinski je Zapad došao u posjed najvećeg dijela grčkih i arapskih znanstvenih dostignuća, a praznine su popunjene u 13. st. Te su knjige brzo dospjele do glavnih obrazovnih središta, gdje su pridonijele obrazovnoj revoluciji.

9.3.6. Promjene u Crkvi

Razvoj i uspjeh gradova stavili su u drugi plan redovničke zajednice vezane uz ruralno i feudalno društvo. Prilagođavajući se, Crkva je iznjedrila nove redove – prosjačke. Franjevci i dominikanci su jezgra prosjačkih redova koji će u 13. st. činiti novu vojsku Crkve. Njihova je izvornost i vrlina u tome što se ciljano obraćaju gradskoj sredini. Svoje samostanske propovjednice podvostručili su, ne bez teškoća, sveučilišnim katedrama za koje se smještaju i blistaju neusporedivim sjajem.

Crkva je i na razini ekonomije bila veoma djelotvorna. U početku je ona ulagala sredstva, koja je jedina i posjedovala, ulažući blaga koja je prikupila. U 11. i 12. st., kad Židovi više nisu dostajali za ulogu kreditora koju su dotad obavljali, a dok kršćanski trgovci još nisu preuzeli tu ulogu, samostani su bili neka vrsta ustanove za kreditiranje. Kroz cijelo to vrijeme Crkva je štitila trgovce i pomagala im da savladaju predrasude zbog kojih ih je dokono plemstvo preziralo. Crkva počinje cijeniti djelatnost koja omogućuje gospodarski rast.

10. Dosezi srednjovjekovne tehnike

10.1. Korištenje novih izvora energije

Ljudska je snaga tijekom cijelog srednjeg vijeka bila osnovni izvor energije. Na polju, u zanatstvu, pa čak i u plovidbi, gdje su jedra isprva tek slaba zamjena veslima, rad ljudskih ruku ostaje glavnim izvorom energije. Produktivnost tih ljudskih izvora energije je smanjena, jer je klasa proizvođača u pravilu slabo hranjena ili pothranjena društvena kategorija. Stoga je ljudski kapital dragocjen za srednjovjekovne velikaše, koji ponekad čak posebnim nametom terete neoženjene seljake.

No europski su inženjeri bili fascinirani novim strojevima i izvorima energije te su prigrlili i razvili nove postupke dobivanja i korištenja energije. Tako je srednjovjekovna Europa postala prva velika civilizacija koju su osim ljudskih i životinjskih mišića pokretali i drugi izvori energije.

Anonimni srednjovjekovni inženjeri su koristili vjetar za pokretanje vjetrenjača i plimu za pokretanje plimnih mlinova. Pritom su ovladali starim načinima mehaničkog povezivanja i prenošenja snage te izumili nove. Usavršili su vodenicu i vjetrenjaču, katapult s oprugom i mnoštvo drugih naprava, oslanjajući se na nove izvore snage za pokretanje. Njihova je civilizacija bila doslovno pokretana komparativno snažnijim »strojevima« vode i vjetra, koji su iskorištavali više energije ove ili one vrste no bilo gdje drugdje na svijetu. Srednjovjekovne Europljane neki opisuju kao neobično svjesne energije. Zahvaljujući fascinaciji strojevima europska je civilizacija, više nego druge kulture, došla do zamisli prirode kao izvora energije koju treba tehnički iskoristiti za dobrobit čovječanstva. Taj stav prema prirodi je imao i ima moćne, ali i sve strašnije posljedice.

10.1.1. Vodenica

Najdojmljiviji primjer je razvoj strojeva tjeranih snagom vode i njihovo uključivanje u tkanje seoskog života i europskog društva općenito. Vodenica je antički izum, no može ju se smatrati srednjovjekovnom napravom, budući da je tek u srednjem vijeku ušla u široku uporabu. Već je u 9. st. raširena po Zapadu. Prema »Domesdayevoj knjizi«, popisu (nepotpunom!) imovine u Engleskoj napravljenom po naredbi Vilima I. (Osvajača), u Engleskoj je 1086. bilo 5624 mlinova, dok ih je stoljeće ranije zabilježeno manje od 100. U jednom francuskom okrugu (Aube) u 11. st. je radilo 14 mlinova, u 12. st. 60 mlinova, u 13. st. 200 mlinova. U Pikardiji, na sjeveru Francuske, je 1080. radilo 40 mlinova, a 1175. već njih 245.

No izvori 11. i 12. st. ne govore mnogo o tipovima vodenica koje su građene. Suvremeni proračuni pokazuju da rimski »pompejski« mlin kojeg pokreće rob ili magarac, daje snagu od oko 0,5 ks, horizontalno vodeno kolo

otprilike isto toliko, odozdo pogonjeno vertikalno vodeno kolo oko 3 ks, a odozgo pokretano vodeno kolo 40-60 ks.

Mlin je od samoga početka integralna odlika feudalne ekonomije, nalazi se na gotovo svakom plemićkom posjedu i gospodar ga dobro koristi zahtijevajući da svi njegovi kmetovi melju u njemu za određenu naknadu. Pojava vodenice je značajan napredak u oblasti izvora energije. No treba oprezno prilaziti kronologiji pojava i širenja naprava izvedenih iz nje. Usprkos napretku korištenja hidrauličke energije, još u 12. i 13. st. temeljni dio energije na srednjovjekovnom Zapadu i dalje potječe od čovjeka i životinje.

Mlinovi nisu bili ograničeni samo na mljevenje žita. Oni su otvorili mogućnost šire uporabe snage vodenoga toka. Mehanizam mlina je prilagođen različitim potrebama. Za pretvaranje rotacijskog u recipročno gibanje korištene su dvije naprave, obje, čini se, podrijetlom iz Kine: čekić kojeg podiže zupčanik učvršćen na osovini mlinskog kola i koljenasta osovina, koja je također mogla pretvoriti recipročno gibanje u kružno. Vodeno kolo je tako pokretalo različite strojeve, poput pilana, mlinova i različitih čekića (npr. u kovačnicama). Vodenice su rabljene za valjanje sukna, gaženje mjeхова, kovanje željeza, piljenje drveta.

U Europi je vertikalno vodeno kolo, uključujući moćno kolo tjerano odozgo, našlo važne nove primjene. U benediktinskom samostanu St. Gall u Švicarskoj se je oko 900. prvi put vodeno kolo počelo rabiti u proizvodnji piva. Cisterciti, red osnovan u Burgundiji 1098., nastavili su benediktinsku tradiciju unaprijeđivanja tehnike te su podizali vodenice za mljevenje žita, vodenice za valjanje sukna, strojeve za pletenje debelog užeta, kovačnice i peći za željezo u kojima su vodenice pokretale mjebove, tjeske za vino, varionice piva, staklane.

Sama činjenica uporabe i brzog razvoja mlina ukazuje na nedostatak radne snage i na vezu između nedostatka radne snage i razvoja tehnike. Potreba za napravama pokretanim vodom može se pripisati manjku radne snage i povećanoj razini proizvodnje do koje je dovela poljoprivredna revolucija. Drugim riječima, kako je bilo više zrnja za mljevenje, mogao se očekivati široko raširen pomak prema mlinovima pokretanim vodom ili vjetrom. Vodenica je bila poznata u antici, ali je vrlo malo korištena, zbog skupoće i primamljivijih oblika ulaganja kapitala te zbog raspoloživosti robova koji su obavljali rad potreban za mljevenje. Stoga nije slučajno da robovlasništvo iščezava iz zapadne Europe u isto doba kad se pojavljuju strojevi koji štede ljudski rad.

Korištenje vodenice u zanatske ili čak industrijske svrhe je, zajedno s novim sustavom uprezanja, veliki tehnički napredak srednjega vijeka. Mlinove je trebalo graditi i održavati, a to većina seoskih kovača nije znala. Stoga je nastao zanat graditelja mlinova, koji su putovali te gradili i popravljali mlinove. Ti su ljudi bili prvi mehaničari u modernom smislu te riječi. Znali su kako izrađivati zupčanike i kako oni rade, znali su baratati branama i ustavama. Njihov je zanat postao riznica znanja i umijeća iz koje je renesansa i kasnija industrijska revolucija stjecala obrtnike koji su znali kako praktično uporabiti ideje nove filozofije.

10.1.2. Vjetrenjača

Malu vjetrenjaču je koristio Heron (1. st.) u svojim orguljama, no u antici vjetrenjača nije rabljena u druge svrhe. Vjetrenjače su bile poznate u Kini, potom u Perziji u 7. st., u Španjolskoj se spominju u 10. st. U kršćanskom su se svijetu pojavile oko 1150., oko engleskog Kanala i uz Sjeverno more. Neki smatraju da razlike u konstrukciji ukazuju na neovisnu pojavu vjetrenjača na različitim mjestima. U nekim su područjima vjetrenjače povećale obradivu površinu isušivanjem mora.

Podrijetlo europskih vjetrenjača nije jasno. Vjetrenjače s vertikalnom osovinom su korištene u Perziji od 7. stoljeća. Osovina s krakovima je bila postavljena vertikalno i smještena u okomit toranj od sirove opeke, s otvorima za hvatanje vjetra (nalikuju današnjim okretnim vratima). No prve europske vjetrenjače, iz 12. stoljeća, su imale horizontalnu osovinu. No uključena je bila i horizontalna rotacija, jer je često čitava konstrukcija bila izgrađeno tako da se je čitava zgrada mogla okretati tako da krila što bolje hvataju vjetar. Moguće je da su europske vjetrenjače s horizontalnom osovinom neovisni europske izum, oblikovan po uzoru na vodenice s horizontalnom osovinom.

10.1.3. Plimni mlinovi

Korištena je i energija plime i oseke. Plimni mlinovi su zabilježeni u Irskoj već u 7. st., u Veneciji oko 1050., te kasnije u Britaniji. No njihova praktična vrijednost je bila ograničena kratkim periodom rada tijekom dana (6-10 sati), neprikladnim radnim vremenom zadanim morskim mijenama i izloženošću oštećenjima tijekom oluja.

10.2. Tekstilna industrija

Germanski su narodi u Europu uveli nemediteranski stil odijevanja: krzno, čarape, hlače, čizme, te ideju šivanja odjeće iz više dijelova tkanine.

U ranom srednjem vijeku, kao i u rimsko doba, izrada odjeće bila je gotovo isključivo ženski posao. One su šišale ovce, drobile lan, češljale vunu, prele, tkale, rezale tkaninu i šivale. Kao i u rimsko doba, glavne tkanine bile su laneno platno i vuna. Izradom pamučne i svilene odjeće je kršćanska Europa ovladala tek u 12. stoljeću.

Ovčje runo se je pralo, a zatim češljalo, da bi se uklonile nečistoće i čvorovi i da bi vlakna postala paralelna. Pređa se prela pomoću vretena na način opisan još u 1. st. pr. Kr: prelja je u lijevoj ruci držala preslicu – kratki viličasti štap na koji je bila namotana neka količina pripremljenih sirovih vlakana – uzela bi nešto vlakana između prsta i palca desne ruke te ih zasukala nježno ih povlačeći. Kad je tako dobivena nit bila dovoljno duga, stavila bi preslicu pod ruku i zavezala nit za vrh vretena, trbušastog štapića

s utegom na dnu, te ga zavrtjela. Uteg je polako vukao vlakna kroz preljne prste, a vrtnja ih je sukala u pređu. Proces je ovisio o vještini prelje da kontrolira otpuštanje vlakana, a ponavljao bi se sve dok vreteno dođe do tla. Tada bi se vreteno podiglo, a dobivena nit bi se namotala na njega. Kad je vreteno bilo puno nit bi se namotala u kuglu. Prema izvorima, pisanim i slikovnim, taj je posao bio univerzalan, napose među ženama nižih slojeva, i gotovo se nije prekidao. Žene gotovo da nisu ispuštale vreteno iz ruku, prele su dok su kuhale, hranile stoku, čuvale djecu, a, ako je vjerovati jednoj minijaturi, i tijekom seksa.

Trebalo je mnogo prelja da bi se pripremila pređa za jednu tkalju. Korištena su dva tipa vertikalnog tkalačkog stana: s utezima na osnovi (uzdužna nit tkanine) i s dvije grede. Najjednostavniji tkalački stan s utezima na osnovi se sastoji od dva uspravna drvena stupa spojena na vrhu gredom koja se mogla okretati da bi se na nju namotala istkana tkanina. S te su grede visjele osnove, uzdužne niti, koje su napetim držali keramički utezi na donjem kraju. Prelja je mogla provući potku (poprečnu nit tkanine) s desna na lijevo preko svake parne osnove i ispod svake neparne osnove te se za sljedeći red vratiti s lijeva na desno, preko svake neparne osnove i ispod svake parne. Kad je red dovršen, potka bi se gurnula prema vrhu tkalačkoga stana pomoću prstiju, tkalačkoga češlja ili tkalačkoga noža. U nešto naprednijoj verziji proces je pojednostavljen uvođenjem naprave koja je omogućila podizanje čitavog skupa osnova jednim pokretom. Parne i neparne osnove su visjele naizmjenice ispred i iza učvršćenoga horizontalnoga štapa pri dnu stana. Drugi, pomični, štap je bio labavo petljama učvršćen za osnove koje su visjele iza učvršćenoga štapa. Potka bi se prvo provela kroz prostor između prednjih i stražnjih osnova. Za sljedeći red bi se pomični štap pomaknuo tako da sada stražnje osnove dođu ispred prednjih. Tkalački stan s dvije grede (gornja i donja) je bio vrlo sličan onom s utezima, ali obično manji i uži, a potka se je sabijala prema dolje.

Za laneno platno je korišten u osnovi isti postupak pređenja i tkanja kao za vunu, ali je priprema sirovih vlakana bila složenija. Lan je prvo trebalo osušiti, tako da se mogu otresti sjemenke, a zatim namočiti u vodu i drobiti da bi se uklonila kora te potom prevlačiti stabljike preko daske s nizovima šiljaka da bi se izdvojila vlakna.

Jedna od najranijih raširenih industrijskih primjena vodenice bilo je valjanje sukna. Valjanje sukna je jedan korak u izradi vunene odjeće, kojim se vunena tkanina čisti i čini gušćom. Prije primjene vodenice izvodilo se je gaženjem nogama, a potom teškim drvenim batovima koji su se podizali i spuštali vrtnjom vodeničkog kola. Proizvodnja užadi od konoplje zahtijeva sličan postupak, kojim se razbijaju osušene stabljike i oslobađaju vlakna. Uporaba vodenice u tu svrhu je dokumentirana u jugoistočnoj Francuskoj oko 900.

Do 12. st. organizacija rada se je promijenila. Žene su ostale prelje, ali su sada muškarci postali tkalci. Promijenila su se i oruđa. Pojavio se je mehanizirani tkalački stan, načinjen vjerojatno po uzoru na kineski tkalački stan za tkanje svile. Tkalački je stan sada postavljen horizontalno i omogućio je tkalcu da radi sjedeći. Pomicanje parnih i neparnih osnova naprijed-nazad (tj. sada gore-dolje) se sada izvodilo pomoću para pedala koje se je gazilo stopalima, što je oslobodilo ruke tkalca. Za provlačenje potke kroz tako

nastali prostor korištena je druga novina: tkalački čunac na kojem se nalazio kalem pređe.

U 13. st. razvio se novi način organizacije posla. Dobru sliku daju nam dokumenti sudskog procesa iz 1285./86. u gradu Douai, na sjeveru Francuske. Trgovac je kupovao vunu u Engleskoj te ju je prodavao lokalnim tkalcima. Tkalci su pak njemu prodavali nedovršenu tkaninu, a on ju je prodavao valjačima. Valjači su opet njemu prodavali dovršenu tkaninu, a on ju je prodavao na bojanje. Onda bi opet otkupio obojenu tkaninu i konačno ju prodavao na tržištu. Tako je istu vunu kupovao i prodavao 4 puta, a cijena je pritom narasla 5-6 puta. U čitavom procesu ključni su bili tkalci. Oni su bili prvi radnici u povijesti koji su putem štrajka zaustavili neku industriju (Douai, 1245.).

Srednjovjekovni gradovi koji su u 13. st. najjasnije nagovještavali budući razvoj bili su veliki »tekstilni« gradovi Flandrije i Italije, u kojima je umjesto mnogih specijaliziranih obrta manjih gradova prevladavajuća tekstilna industrija dovela do velikih klasnih razlika. Kuće bogatih trgovaca tekstilom gomilale su se u prvim europskim *beau quartier* stambenim četvrtima, dok su labirinti stambenih zgrada u kojima su živjele obitelji tkalaca činili prve proleterske sirotinjske četvrti.

Krajem 13. st. dolazi do daljnjeg mehaniziranja tekstilne industrije uvođenjem kolovrata, koji je vjerojatno izumljen na Bliskom istoku ili u Indiji. Najstariji poznati pouzdani prikaz je iz Bagdada, a datira iz 1237. Najstarije spominjanje u Europi je iz oko 1280. U najranijem zapadnom obliku sastojao se od malenoga vretena učvršćenog na držače i putem remena povezanog s većim kolom. Prelja je držala preslicu s vlaknima u lijevoj ruci, desnom rukom sučući nit koja se namatala na vreteno, a vrtnja vretena se je održavala okretanjem velikoga kola na mahove. Važno je istaknuti uporabu prijenosnog remena i zamašnjaka. Takav kolovrat nije davao jednoliku pređu i nije bio dobro primljen. No s vremenom je sve više korišten stoga što je bitno ubrzavao pređenje. Isprva se na kolovratu prela samo potka, koja je mogla biti slabija od osnove. Također, isprva je više korišten u proizvodnji lanenoga i pamučnog tekstila nego u proizvodnji vunenog.

U 13. st. je uvedeno grebenalo s metalnim zupcima, koje je postupno zamijenilo stare koštane ili drvene češljeve pomoću kojih su vlakna pripremana za pređenje. Sljedeća novina je bila naprava za pripremanje snopova niti osnove za smještanje na tkalački stan. To je bio kvadratni drveni okvir koji se je naslanjao na zid, a sa svake je strane imao niz metalnih klinova, oko kojih se je u cik-cak obrascu namatala osnova s desetak ili više kalema. To je omogućilo korištenje dugih osnova i izradu dugih komada tkanine. Na horizontalnom tkalačkom stanu 12. st. mogla se je proizvesti tkanina onoliko široka koliko je tkalac mogao dosegnuti s tkalačkim čuncem. U 13. st. se pojavio široki tkalački stan, na kojem su radila dva tkalca, dodajući čunac jedan drugome.

Iznenaduje nekorištenje vodene energije u tekstilnoj industriji. Čini se da se nije isplatilo investirati u skupe strojeve sve dok se je moglo osloniti na jeftini rad prelja.

Svilena tkanina se počela izrađivati u Italiji početkom 13. st. Moguće je da je tajna izrade svile preuzeta osvajanjem Carigrada 1204., tijekom IV.

križarskog rata. U 14. stoljeću grad Lucca u Toskani je već imao tvornicu svile s 480 vretena pokretanih vodom. U 13. st. je proizvodnja pamuka u sjevernoj Italiji po broju radnika i uloženom kapitalu dosegla proizvodnju vune.

10.3. Mehanika

Mehanizacija nije praktično kvalitativno napredovala u srednjem vijeku. Gotovo sve naprave koje se koriste u to doba opisali su već znanstvenici iz razdoblja helenizma, većinom iz Aleksandrije. Posebice, Zapad nije izumio ništa novo u sustavima prijenosa i pretvaranja gibanja. Pet »kinetičkih karika«: vijak, kotač, poluga, zupčanik i kolotura, poznati su još u antici.

Doduše, mnogi od tih mehanizama i naprava koje je antika mahom poznavala kao kuriozite i igračke šire se i postaju uistinu djelotvorni tijekom srednjega vijeka. Nedvojbena spretnost stečena iskustvom dopuštala je srednjovjekovnim majstorima da donekle nadoknade svoje neznanje.

10.3.1. Radilica

Posljednja u tom nizu, obrtna ručica, izgleda da je ipak srednjovjekovni izum. Pojavila se u ranome srednjem vijeku u jednostavnim mehanizmima, kao što je rotacijski brus prikazan u *Utrechtskom psaltru* sredinom 9. st., ali čini se da nije bila u širokoj uporabi prije kraja srednjega vijeka. Kako god bilo, njezina najuspješnija inačica, sustav radilica (koljenasta osovina)-obrotna ručica, pojavljuje se tek potkraj 14. st. Čini se ipak prema nekim nalazima, premda spornim, da je radilica također antički izum.

Mačeve i bojne sjekire, kao i mnoge poljodjelske, kućanske i obrtničke alate trebalo je oštriti. Odavno je za brušenje korišten postupak višestrukog povlačenja oštrice preko abrazivnog kamena (obično pješčenjaka). u Kini se je rotacijski brus pojavio mnogo prije nego u Europi i nije poznato je li taj izum uvezen iz Kine ili je neovisno izumljen u Europi. Njegova je važnost u tome što se radi o primjeni načela radilice. Prvi slikovni prikaz rotacijskog brusa u srednjovjekovnoj Europi nalazimo u *Utrechtskom psaltru* iz 834. godine. Obrtna ručica je najprije korištena u rotacijskom brusu, potom u verglu, još kasnije u samostrelu i stolarskom vrtalu sa svrdlom, da bi tek krajem srednjega vijeka postala sastavnica strojeva.

10.3.2. Bregasta osovina

U nekoliko primjena vodenog kola, napose za dizanje čekića, prvi se put na Zapadu javlja bregasta osovina. Moguće je da je tu neovisno izumljena, a moguće je i da je dospjela iz Kine, gdje je bila ranije korištena.

Greben (brijeg) na horizontalnoj osovini vertikalnog vodenog kola, je podizao čekić, koji bi padao vlastitom težinom.

10.3.3. Tokarilica

Za potrebe obrade drva je uvedeno malo novih pomagala, ali su se mnoge stare počele češće rabiti, uključujući tokarilicu. Radi se o stroju koji brzo vrti komad drveta kojeg se obrađuje pomoću nekog alata za rezanje, a u srednjem su vijeku rabljene dvije varijante: tokarilica s motkom i tokarilica s lukom. U tokarilici s motkom uže je namotano oko osovine i jednim krajem privezano za kraj motke učvršćene iznad osovine; povlačenje drugog kraja užeta prema dolje vrti osovinu i savija motku, koja, kad se ispravlja, vrti osovinu u suprotnom smjeru. U tokarilici s lukom se je osovina vrtjela pomoću tetive luka omotane oko nje.

Slabost srednjovjekovnoga stroja proizlazi nadasve iz općega tehnološkog stanja povezanog s gospodarskim i društvenim ustrojem. Kad dolazi do stanovitih usavršavanja, kao kod tokarilica, ona su ili kasni izum, kao što je tokarilica s ručicom koji se pojavljuje približno 1280., ili se njihova uporaba ograničuje na rad s materijalom male čvrstoće, što objašnjava činjenicu da je iz srednjeg vijeka očuvano vrlo malo predmeta izrađenih na tokarilici.

10.3.4. Lončarsko kolo

Lončarsko kolo porijeklom je iz neolitika, a kolo sa šipkom postojalo je u antici, pa je stoga jedino kolo s kalemom i dvostrukom pedalom, koje je prikazano na jednom vitraju iz 13. st., donekle usavršavanje koje se može pripisati srednjemu vijeku, ali i ono je uskoga dometa.

10.3.5. Dizalice

Polet graditeljstva, nadasve crkava i dvoraca, potaknuo je korištenje naprava za dizanje i vuču, ali ipak se građa najviše podiže služeći se kosom plohom. Naprave za podizanje tereta nimalo se ne razlikuju, barem ne u osnovi, od antičkih – obične dizalice s prijenosnim vitlom i dizalice s koloturnikom. Ostaju one neobičnim ali rijetkim napravama kojima su se mogli koristiti jedino vladari, gradovi i crkvena gradilišta.

Dragocjen dokument su bilješke majstora zidara Villarda iz Honnecourta (oko 1250.) u kojima se nalaze prikazi i crteži mnogih tehničkih naprava. Velik dio tog djela je očuvan i daje nam uvid u gotičko građevinarstvo. Među napravama koje opisuje je pila pokretana vodenim kolom, kojoj okret kola daje gibanje prema dolje, a koju u početni položaj vraća opruga koju čini elastična grana koju savija gibanje pile prema dolje. To je prvi prikaz dvaju gibanja automatski primijenjenih u nekom mehanizmu. Slične su opruge rabljene za pokretanje tokarilice s pedalom

(gaženje pedale daje polovicu okreta osovine, a ispravljanje opruge drugu polovicu). Opisuje i dizalicu s vijkom.

10.3.6. Mehanički sat

U 14. stoljeću su u Europi načinjeni prvi mehanički satovi, koji su koristili uteg i zapinjač, što je davalo kružno gibanje. Premda je zapinjač izumljen mnogo ranije, dotad nije bio rabljen u satovima. Prvi mehanički satovi koji su se pojavili u tornjevima velikih talijanskih gradova, imali su jednu kazaljku i pokazivali su samo četvrtine sata. Oni su zamijenili vodene satove, koji su korišteni više od tisuću godina. Često se kaže da je pojava mehaničkog sata pokretanog utezima u drugoj četvrtini 14. st. odlučujući trenutak u hodu Europe prema preuzimanju mjesta predvodnika svjetske tehnike.

Nekad se je smatralo da je europski mehanički sat nastao kao odgovor na potrebu samostana za točnijim određivanjem vremena. No vodeni je sat posve dobro zadovoljavao samostanske potrebe. U ranom je razvoju sata mjerenje vremena zapravo bilo u drugom planu. Kao i svojevremeno u Kini, mehanički je sat vjerojatnije nastao iz potrebe za preciznim astronomskim instrumentima. Tu su potrebu imali astrolozi, umijeće kojih je bilo dio medicinske prakse. Dva prethodnika sata su astrolab u poboljšanom islamskom obliku i ekvatorij, također islamski instrument, korišten za proračunavanje položaja planeta na temelju Ptolomejeva sustava. Najraniji zapadni satovi, poput onog kojeg je oko 1320. izradio Richard od Wallingforda, bili su opisivani kao »astronomski modeli« ili »umjetni svemiri«.

Utezi su kao izvor gibanja bili odavno poznati, a i zupčanici su postali obična stvar europskim obrtnicima. No da bi se učinak gravitacijske sile preveo u kontrolirano gibanje bilo je potrebno neko sredstvo koje bi upravljalo spuštanjem utega, koji prepušten sam sebi pada ubrzano. Europljani nisu poznavali složeni zapinjač koji je razvio Su Sung. Prije spomenuto djelo Villarda od Honnecourta doduše sadrži crtež na kojem je prikazan kip anđela koji stalno pokazuje prema Suncu, a pokreće ga kolo čije žbice udaraju napet konopac razapet pomoću dva utega, što bi se moglo protumačiti kao grubi i grubo prikazani zapinjač.

Činjenica da latinski jezik kao i jezici zapadne Europe, ne pravi razliku između mehaničkoga i vodenoga sata jako otežava praćenje rane povijesti mehaničkih satova, budući da je u pisanim izvorima često teško razlučiti o kakvom se satu radi. Danas se većina historičara slaže da je europski zapinjač nastao u sjevernoj Italiji u drugoj polovici 13. st. Taj zapinjač je posve različit od kineskoga, a u engleskoj literaturi poznat je kao »verge-and-foliot«.

Glavni dijelovi ovog zapinjača su:

1) krunasto kolo: uspravno kolo s trokutnim zupcima – ravnima s jedne strane, a kosim s druge – smještenim duž oboda kola i usmjerenim okomito na ravninu kola (poput lista pile svijenog u krug);

2) vreteno s izbojcima (»verge«): osovina smještena uz krunasto kolo, paralelno s ravninom kola; na osovini su učvršćena dva pločasta izbojka, okomita na os osovine i jedan na drugog, smještena tako da ulaze među

zupce na suprotnim stranama krunastoga kola, jedan na gornjoj strani, a drugi na donjoj.

3) »foliot«: motka učvršćena poprečno na vrhu vretena, s utezima na obje strane.

Krunasto kolo je učvršćeno na horizontalnoj osovinu. Spuštanje utega vrti osovinu i kolo. Kad se kolo malo zakrene jedan od njegovih zubaca zahvati gornji izbojak na vretenu – zubac ravnim dijelom udari u izbojak – što trenutno zadrži kolo. Kako zubac kola gura gornji izbojak, zakrene se vreteno s izbojcima i na njega učvršćeni foliot s utezima, tako da sada zubac na dnu kola zahvati donji izbojak vretena, što opet trenutno zadrži kolo, koje gurajući donji izbojak zakreće vreteno i foliot u suprotnom smjeru i proces se ponavlja. Tako se dobije stalno »tik-takanje« mehanizma – dva izbojka vretena naizmjenice zaustavljaju vrtnju krunastoga kola, foliot se njiše amo-tamo, a kolo »klika« u jednolikim intervalima vremena. U svrhu reguliranja hoda sata brzina »klikanja« se može povećati ili smanjiti pomicanjem utega na krajevima foliota (povećavanje ili smanjivanje momenta tromosti).

Prvi mehanički satovi bili su veliki željezni mehanizmi smješteni u tornjevima. Jedan je takav sat instaliran u Milanu 1309. Taj sat nije imao kazaljke niti je sam pokretao zvana, već je naprosto upozoravao zvonara kad treba potegnuti konop zvana. Prvi sat koji je automatski zvonjavom označavao satove instaliran je 1335., također u Milanu. Do 1370. diljem Europe je bilo instalirano barem 30 takvih satova.

Većina srednjovjekovnih satova nije bila osobito precizna, tijekom dana su kasnili ili žurili poprilično minuta. Isprva se zbog toga nitko nije uzrujavao, budući da su tadašnja mjerila točnosti bila labava. Do tad su već astronomi podijelili sate na 60 minuta (što je Babilonsko naslijeđe), no srednjovjekovni su ljudi bili navikli na promjenljive zimske i ljetne sate, koji su slijedili ritam promjene raspoložive dnevne svjetlosti. No mehanički je sat postupno nametnuo sustav jednakih sati, potičući ljude da počnu vremenski uređivati mnoge djelatnosti koje dotad nisu bile tako uređene. U »tekstilnim« gradovima Flandrije satovi su tukli radne sate tekstilnih radnika. Gradski je sat postao instrument gospodarske, društvene i političke dominacije, kojim su rukovali trgovci koji su upravljali gradom.

Prvi kućni satovi su se pojavili malo prije 1400. Imali su kazaljke za sate, kasnije i za minute, a nisu ih izrađivali kovači, kao velike satove za zvonike, već zlatari i srebrnari.

U svezi sa srednjovjekovnim satovima važno je naglasiti da su oni bili prvi strojevi u cijelosti načinjeni od metala. Time ustanovljena tradicija precizne obrade metala odigrala je ključnu ulogu u izradi strojeva za proizvodnju tekstila tijekom industrijske revolucije. Urarski obrt postao je u renesansi za znanost ono što je mehaničarski postao za industriju – plodan izvor ingenioznosti i stručnosti, a kasnije, u doba znanstvene revolucije, mehanički sat postaje temeljna metafora svemira.

10.4. Bušotine, rudnici i kovinarstvo

Vađenje ruda i obrada kovina su u ranom srednjem vijeku znatno nazadovale u odnosu na rimsko doba i neke su tehnike zaboravljene. No preživjelo je skromno rudarstvo u otvorenim jamama i lokalne kovačnice. Poticaj povećanju proizvodnje dala je potreba za novim poljodjelskim oruđima, poput teškoga pluga, i potrebe vitezova za oružjem i oklopom.

10.4.1. Kovano željezo

U proizvodnji željeza su se i dalje koristili stari postupci. Prvi je korak bilo pranje i pečenje rude te njeno mrvljenje u komade prikladne za preradu u »redukcijskoj« peći. Nakon što je stoljećima bila tek udubljenje u zemlji s glinenom oplatom i kupolom, peći je dodan zdepast dimnjak od gline i pješčenjaka. Peć je imala otvor za izlaz plinova, otvor za punjenje rudom te otvor pri dnu za vađenje »žara« - mekog i usijanog (ali ne rastaljenog) željeza – i upuhivanje zraka pomoću mjeхова. Za proizvodnju 1 kg željeza takva je peć trošila 12 kg drvenog ugljena. Žar se je tukao na plosnatom kamenu, da bi se iz njega izbacila šljaka (pijesak i glina) i da bi se željezu dao oblik šipki i ploča, prikladan za kovača.

Naravno, nije se znalo što se uistinu događa u peći. Znalo se je da drveni ugljen daje željezo, ali se nije znalo da se to postiže izvlačenjem kisika iz rude (željezni oksid) i njegovim vezanjem s ugljikom u plin koji je izlazio iz peći. Znalo se je da predugo zagrijavanje daje neuporabiv proizvod, ali se nije znalo da do toga dolazi stoga što željezo, nakon što se je riješilo kisika, počne apsorbirati ugljik. Mnogo kasnije, kad se je u pećima uspjelo postići dovoljno visoku temperaturu za taljenje željeza, rastaljeno željezo je ulijevano u kalupe (otud naziv »lijevano željezo«), no u ranom je srednjem vijeku slučajno dobivanje gruda kovine odveć krte za obradu kovanjem bilo naprosto neprilika. No ako je sve prošlo dobro, nekoliko sati rada je davalo oko 1 kg uporabivog željeza.

Srednjovjekovni mjeховi su bili drvene kutije zatvorene komadom kože, koje se je moglo pritiskati rukom ili nogom, što je zrak kroz malu rupu tjeralo u cijev i kroz sapnicu u vatru, a mjeхов se je ponovno napuhivao užetom i elastičnim komadom drveta. U kasnijim pećima koje su talile željezo korišten je par mjeховa koji su ispuhivani naizmjenično, tako da se dobije stalna struja zraka.

Kovač koji je obrađivao željezo iz redukcijske peći oslanjao se je na iskustvo, vještinu i tradiciju. Znao je da kovinu može načiniti tvrđom tako da ju zagrije i drži na visokoj temperaturi neko vrijeme, ali nije znao zašto se to događa: željezo bi na površini iz drvenog ugljena apsorbiralo malu količinu ugljika, manje od 1%, a i u ovom je slučaju predugo zagrijavanje davalo loman i neuporabiv proizvod.

Najznamenitiji proizvod kovača bio je dugi mač, koji se proizvodio višestrukim stanjivanjem i preklapanjem na gornji način očvrnutih traka željeza. Oko 800. godine dobar je mač vrijedio tri krave.

Jedna od novina u obradi željeza bilo je uvođenje naprave za izvlačenje željezne žice. Velike količine željezne žice bile su potrebne za izradu žičanih oklopa, tj. oklopa od međusobno povezanih prstenova. Umjesto da se žica proizvodi dugotrajnim kovanjem, sada se je proizvodila provlačenjem usijanog željeza kroz sve uže rupe.

Tijekom 12. stoljeća opaža se širenje kovača na selo. Isprva su kovači bili prije svega proizvođači oružja i opreme za vitešku elitu, a pojavljuju se na selu tek kad se je poljodjelstvo počelo oslanjati na njihove proizvode. Jedna studija o francuskoj pokrajini Picardy pokazuje da u njoj do 1125. uopće nije bilo seoskih kovača, a da ih je 1180. već bilo 30. Prirodni potrošači kovačevih proizvoda bili su stolari (sjekire, pile, čavli, svrdla, dljeteta...). S vremenom su im se pridružili zidari, kolari, mlinari, brodograditelji.

10.4.2. Visoka peć i lijevano željezo

Prema nekim historičarima je visoka peć, tj. peć za proizvodnju lijevanoga željeza, najveće tehničko postignuće srednjega vijeka. U procesu oblikovanja srednjovjekovne visoke peći je vođeno kolo još jednom igralo glavnu ulogu.

Širenje vodenih kola s pritoka i malih rijeka na velike rijeke bilo je omogućeno izgradnjom brana i vodeničkih jaraka, koja se opaža naročito nakon 1300., a vertikalno je kolo opremljeno nizom dodataka, poput mehaničkog automatskog regulatora: kvadratni segment osovine mlinskog kamena je vrtnjom udarao u produžetak na lijevku mlina i istresao brašno iz njega: što se je kolo brže vrtjelo to se je lijevak brže tresao. Razvijeno je više novih primjena snage vode, poput izvlačenja metalne žice ili crpljenja vode iz rudnika, no najznačajnija je bila taljenje željezne rude u novim visokim pećima.

Kada su i gdje visoke peći nastale nije posve jasno. Kineske visoke peći pogonjene snagom vode su se s vremenom proširile do Perzije, ali nije poznato kada, niti kako su otuda širile dalje na zapad. Prva poznata europska visoka peć je otkrivena u Švedskoj, a vjerojatno je radila prije 1350.

Stari proces redukcije željezne rude u spužvasto željezo i njegova daljnja obrada u kovano željezo očigledno je nudila mogućnost mehaniziranja pomoću vodenog kola i čekića kojeg pokreću zrakasto postavljene drvene poluge, koja je kombinacija do 14. st. bila u širokoj uporabi. Sada je vođeno kolo iskorišteno za pokretanje para velikih mjeхова koji su naizmjenice upuhivali zrak u peć, što je znatno povisilo temperaturu u peći. Osim time, struja zraka je pojačana i novim oblikom peći. Dotad je peć bila tek jama sa zdepastim dimnjakom. Sada je postala visoka zidana građevina kvadratne baze, uzdignuta iznad talioničke posude izgrađene na kamenom ognjištu. Dimnjak je bio načinjen od dva vertikalna dijela. Kraći niži dio imao je oblik obrnute krnje piramide, a gornji viši dio oblik uspravne krnje piramide. Čitava je struktura bila visoka desetak metara.

Snažna struja zraka u takvim pećima zagrijava rudu do temperature na kojoj apsorpcija ugljika postaje vrlo brza, što daje slitinu koja sadrži oko 96% željeza i 4% ugljika. Temperatura taljenja takve slitine je oko 1100° C,

što je mnogo niže od temperature taljenja željeza (1530° C), a to pak omogućuje lijevanje rastaljenog željeza. Tako je visoka peć drevno umijeće proizvodnje željeza uvela u industrijsko doba. Lijevano je željezo postalo traženi poluproizvod posve novoga dvostupanjskog procesa.

Visoka peć pokretana vodenim kolom je mogla raditi bez prestanka tjednima ili mjesecima. Pijesak i glina koji su sadržavali željeznu rudu su miješani s vapnencem (talionički dodatak). Peć je punjena slojevima te smjese, između kojih su dodavani slojevi drvenog ugljena. Tijekom zagrijavanja su glina, pijesak i vapnenac stvarali šljaku koja je plutala na površini rastaljenoga željeza. Šljaka se je povremeno uklanjala kroz otvor smješten pri vrhu peći, a željezo je istjecalo kroz otvor pri dnu peći. Takvo je željezo nazivano »odojkom« (»pig iron«), jer su rupe u tlu u koje je željezo istjecalo i u kojima se je hladilo podsjećale na krmaču s mladuncima koji sisaju.

Ohlađeni »odojak«, težak stotinjak kilograma, je prevožen u drugu peć. Ta je peć imala ognjište u kojem je izgarao drveni ugljen i dva ulaza za struju zraka (koju su također davali mjevovi pokretani vodenim kolom): jedan za ognjište, a drugi za puhanje na željezo koje se je zagrijavalo. Kisik iz struje zraka koja je upuhivana na željezo se je spajao s ugljikom iz željeza, dajući čisto željezo. Novi je tip proizvodnje davao mnogo više željeza uz mnogo manje rada, što je snizilo cijenu željeza i umnožilo njegove primjene.

10.4.3. Bušotine i rudnici

Bušenje za naftom seže 800 godina u prošlost. Prirodno cijedenje sirove nafte iz podzemnih slojeva bilo je iskorištavano još mnogo ranije za dobivanje goriva za uljanice, no ono je postalo nedostatno da zadovolji potražnju. Zato su se u 12. stoljeću naftna vrela bušila u Europi (kraj Napulja) i u islamskom svijetu.

Jamski ugljen je u Europi bio poznat barem od 13. stoljeća, ali je rijetko rabljen zbog straha od otrovnih plinova

10.5. Barut i vatreno oružje

Najznačajniji srednjovjekovni tehnički napredak na polju »industrije« odnosi se u pravilu na posebne sektore ili na one koji nisu osnovni, a njihovo je širenje počelo još od kraja srednjeg vijeka. Najznačajniji je zacijelo barut i vatreno oružje, a opet se radi o kineskom izumu. U Europi se barut prvi put spominje u tekstu Rogera Bacona iz 1268., a čini se da se opis odnosi na kineski vatromet.

Dok tehnologija proizvodnje baruta i ranih vatrenih oružja potiče iz Kine, čini se da su topovi nastali u Europi oko 1310. – 1320. Neki dokumenti iz Firence iz 1326. upućuju na to da su do tad metalni topovi već dobro poznati, a prva dokumentirana europska uporaba topa datira iz 1331. Ta se

tehnika potom brzo raširila natrag do Bliskog istoka i Azije, tako da u islamskim zemljama topove nalazimo već oko 1330., a u Kini 1356. Do 1500. je proizvodnja topova postala uobičajena širom Staroga svijeta, sa središtima u Kini, mongolskom carstvu u Indiji, Otomanskom carstvu i Europi.

Rani su europski topovi bili izrađivani od bakra, mjedi (slitina bakra i cinka, mesing) ili bronce. No ubrzo se našao način izrađivanja topova od jeftinog željeza dobivenog u visokim pećima: kovač je oblikovao cijev topa slažući željezne šipke oko valjkaste glinene jezgre, a takvu bi cijev ojačao željeznim vrpčama.

Topovska tanad je isprva izrađivana od olova ili željeza, a kasnije od jeftinijeg kamena. No kad je postalo moguće lijevati tanad od željeza, kamen je izgubio prednost u cijeni.

Barut su isprva spravljali sami kovači koji su izrađivali topove. Omjer salitre (kalijev nitrat, KNO_3), sumpora i ugljika (drvenoga ugljena) nam nije pouzdano poznat. Neželjene eksplozije bile su česte.

Prvo europsko osobno vatreno oružje pojavilo se je krajem 14. st.

Željezni top, premda nespretan, bio je jeftiniji i pokretljiviji od katapulte i izazvao je tehničku revoluciju u ratovanju. Barut, top i mušketa učinili su posjednika nepobjedivim u sukobu s neprijateljem koji ih ne posjeduje. Top je postao neizbježan u ratu i povećao je njegove troškove. Jedino su bogate republike i kraljevi, poduprti trgovcima, mogli raspolagati kovinom i vještinom da ju se oblikuje u top. Top je uništio neovisnost aristokracije zasnovane na posjedu zemlje, kao što je uništio i njihove zamkove. Trijumf baruta bio je trijumf nacionalne države i početak kraja feudalnog poretka. No vojna djelotvornost vatrenog oružja se sporo potvrđuje. Tijekom 14. st., pa čak i poslije, prvi topovi prije pobuđuju strah svojom bukom nego ubilačkim djelovanjem. Oni će dobiti na važnosti naročito od 15. st. nadalje, kada razvoj topništva potakne razvoj metalurgije.

U znanstvenom smislu barut je otvorio mnoge »kemijske« probleme, koji su naposljetku doveli do otkrića kisika i moderne kemije. S druge strane, očigledno je bila potrebna valjana balistika, tj. razmatranje gibanja taneta, i to kvantitativno, matematičko. Naposljetku, izrada oružja je potaknula i razvoj metalurgije.

10.6. Brodogradnja

Tijekom ranoga srednjega vijeka brodogradnja je napredovala i na jugu i na sjeveru Europe.

10.6.1. Nove vrste brodova

Na Sredozemnom moru je tijekom ranog srednjeg vijeka trokutasto »latinsko« jedro konačno uspješno postavljeno na veća plovila. Tu su tehniku najprije razvili Arapi, od njih su je preuzeli Bizantinci, a potom i ostali

Europljani, tako da je do 800. godine latinsko jedro prevladalo na Sredozemnom moru. Bilo je obješeno na dugi nakošeni križ jarbola. Jedan kraj križa se uzdizao iznad vrha jarbola, a drugi je dopirao gotovo do palube. Takvo jedro može zahvatiti vjetar s obje strane i poboljšalo je pokretljivost broda. No baratanje takvim jedrom nije bilo lako.

Istodobno s uporabom latinskoga jedra na Sredozemnom moru se je pojavio korjenito novi sustav izgradnje trupa broda. Dotada je korito građeno tako da su najprije slagane daske, a potom unošen kostur. Sada je postupak obrnut, tako da je najprije građen kostur. Takvi brodovi nisu bili onoliko čvrsti kao rimski građeni na stari način, ali su zahtijevali mnogo manje rada i stoga su bili jeftiniji, što je pojeftinilo i trgovinu.

Na sjeveru se brodogradnja razvijala zasebno. Najstariji poznati sjevernjački brod pronađen je u Danskoj i datira iz oko 350. pr. Kr. Dug je oko 13 m, građen je tako da mu se daske preklapaju (»preklopna građa«), a daske su međusobno privezane, a ne zabijene čavlima. Brod nema niti jarbol niti kobilicu niti brave za duga vesla i očigledno ga se je pokretalo kratkim veslima, tj. veslači su veslali okrenuti prema pramcu, kao pri veslanju u kanuu. Drugi poznati stari sjevernjački brod datira iz 3. st., dug je 24 m, građen je na isti način kao onaj stariji (preklopna građa), ali su daske sada, osim što su međusobno privezane, još i pribijene čavlima. Niti on nema jarbol, ali je u njemu 28 veslača sjedilo okrenuto prema krmi i veslalo dugim veslima. Brod pronađen u Engleskoj, a koji potiče iz oko 600. godine, dug je oko 27 m i preklopne građe, ali građen od spojenih kraćih dasaka, što je uklonilo potrebu korištenja dugih dasaka, tj. nalaženja pogodnog visokog i ravnog drveća. Niti taj brod nema jarbol ni kobilicu. Najstariji sjevernjački brod s kombinacijom kvadratnog (»križnog«) jedra i dugih vesala je vikinški brod s kraja 9. st., otkriven u Norveškoj. Jarbol mu je učvršćen u masivnu kobilicu izrađenu iz jednog komada drveta, što mu daje veliku čvrstoću. Ovakav dugi brod bio je rezultat dugoga razvoja i nije namjerno oblikovan za prepade, ali se je pokazao savršenim za tu svrhu. U to je doba Europa bila primamljiva meta, a istodobno ranjiva. Opljačkana roba je preprodavana, pa je u mješavini pljačke i trgovine naposljetku prevladala trgovina.

Vikinzi su imali i svoju verziju obloga, trgovačkoga broda – *knorr* – brod preklopne građe, širok i uglavnom pokretan jedrima, uz nekoliko dugih vesala.

No do 10. st. preklopna je građa zastarjela, a u Nizozemskoj se je pojavio bolji obli brod - »koga«. Bio je građen od dasaka poredanih jedna do druge, koje se ne preklapaju (način gradnje preuzet sa Sredozemnoga mora) i imao je korito ravna dna. Takvo je dno bilo prikladno za pristajanje na plažama, ali je zbog njega brod bio izložen zanošenju. Povećanje broja luka na sjeveru u 11. st. omogućilo je da se dno koga zaobli i da mu se doda duboka kobilica, što je riješilo problem zanošenja. Ti su brodovi bili pogonjeni isključivo vjetrom, imali su jedno veliko križno jedro od pamučne ili lanene tkanine. Bok broda izvan vode je povišen. Dok je *knorr* mogao prevoziti 50 t tereta uz posadu od 12-14 ljudi, nova koga je mogla prevoziti 200 t uz posadu od 18-20 ljudi, a do kraja 12. stoljeća kapacitet je dosegnuo 300 t.

Krajem 12. st. na Sredozemnom moru su se pojavili brodovi s dva jarbola. Brodogradilišta Venecije i Genove su proizvodila brodove s dvije ili tri

palube i parom jarbola s latinskim jedrima. Imali su velik teretni prostor što je snizilo cijenu prijevoza i potaknulo trgovanje rasutim teretom.

Tijekom 13. st. na Sredozemnom moru se je pojavila »velika galiija«, potekla iz venecijanskog Arsenala, koja zapravo uopće nije bila galiija, već jedrenjak koji je vesla koristilo samo pri ulasku u i izlasku iz luke. Imala je dva, a kasnije tri jarbola, s velikim glavnim jedrima i mogla je prevoziti 150 t tereta (svila i začini prema sjeveru, vuna i vunena tkanina prema jugu). Oko 1300. se je za plovidbu Sredozemnim morem počeo rabiti novi model sjevernjačke koge, opremljen drugim jarbolom i latinskim jedrom. Takvi su brodovi napose građeni i korišteni u Genovi, i do 1400. su dosegнули kapacitet od 600 t.

U 11. stoljeću su sjevernjačkim kogama dodane »kule«, nadgradnje na palubi na pramcu i/ili krmi, koje su služile za obranu od gusara. U sredozemnoj su brodogradnji te kule preuzete i postupno su postale dio trupa broda te su se pokazale djelotvornima za obranu od gusara. Takva u trup broda ugrađena pramčana kula – prednja paluba – postala je stalna odlika jedrenjaka i služila je kao zaklon za posadu i spremište rezervne užadi.

10.6.2. Kompas

I kompas potiče iz Kine. Vodeni kompas, gdje magnetizirana željezna igla učvršćena na dašćicu pluta na vodi, opisan je u cijelosti u 11. st., ali je vjerojatno bio poznat mnogo prije. Prvi europski pisani izvor u kojem se opisuje mornarički kompas je djelo Alexandera Neckama *De naturis rerum*, napisano oko 1190. Igla na osovini je talijanski izum iz 13. st. Uporaba kompasa se širi tek nakon 1280. Osim toga, srednji vijek ne poznaje kvadrant niti nautički astrolab, instrumente renesanse.

Općenito se smatra da je *Poslanica o magnetu* Petra Hodočasnika (Pierre de Maricourt, Petrus Peregrinus) iz 1269. zapravo prvi originalni znanstveni rad zapadnoga kršćanstva. Iz njegova rada, nakon mnogo vremena, izrasla su istraživanja Normana i Gilberta, a iz njihova, pak, čitava teorija i praksa elektromagnetizma. Štoviše, utjecaj magneta na kompas je postao znanstveni temelj učenja o utjecaju, koje je ranije bilo čisto magijsko. Ono je pružilo radni model za nauku o privlačenju (Kepler), koji je prozeo čitavu znanost i koji je vodio Newtonovu sintezu.

Kompas kao sredstvo navigacije je sazrijevao u Sredozemnom moru. Pritom je važna bila izrada pomorskih karti. Osim toga brodovi su koristili i pješćane satove (računanje brzine broda i prijeđene udaljenosti).

10.6.3. Krmeno kormilo

Krmeno je kormilo je odavno bilo poznato u Kini i moguće je da je iz Kine stiglo u Europu, ali je isto tako moguće da je neovisno izumljeno u Bizantu ili na Baltiku. Središnje je kormilo bilo teško postaviti zbog oblika kobilice na krmi broda, pa je rabljeno veslo za upravljanje sa strane broda.

Čini se da u Europi uvođenje krmenoga kormila nije bilo potaknuto potrebom za boljom upravljivošću, jer je veslo za upravljanje sasvim dobro služilo toj svrsi. No nove su koge postale toliko visoke da su zahtijevale vrlo duga vesla za upravljanje, što je stvaralo probleme. Ravna krma koge je bila zgodno mjesto za postavljanje kormila. U 13. st. krma je izravnana i dodano je krmeno središnje kormilo. To je jako poboljšalo upravljivost broda, vjetar se je mogao bolje iskoristiti, a moglo se je ploviti i po lošem vremenu.

Kompas i krmeno kormilo imali su na moru učinak jednak onome konjske orme na kopnu. Plovidba otvorenim morem je postala izvediva i zamijenila je obalnu plovidbu. Time su oceani po prvi put postali dostupni za istraživanje. Neki pak smatraju da uvođenje krmenog kormila u 13. st. vjerojatno ipak nije bilo toliko značajno kao što se vjerovalo. Nije se značajno poboljšala upravljivost, za značajnu promjenu smjera je i dalje trebalo pomicati jedra, ali je ovakvo kormilo ipak smanjilo vrijeme i napor potrebne za održavanje broda na kursu.

Napredak u moreplovstvu imao je značajne posljedice po napredak znanosti. Plovidba otvorenim morem zahtijeva astronomska motrenja i izravno je potaknula razvoj precizne astronomije i instrumenata prikladnih za uporabu na palubi. Plovidba oceanima je napose nametnula problem određivanja geografske širine. Potreba za kompasima i drugim instrumentima potaknula je novu industriju, koja je također imala veliki utjecaj na znanost, napose postavljajući sve više standarde točnosti mjerenja.

Sva ta poboljšanja su dovela do revolucije u sredozemnoj pomorskoj trgovini. Tisuću godina se je od Italije u Egipat ili Malu Aziju i natrag putovalo jednom godišnje. Sada su talijanski brodovi prestali prezimljavati na istoku i mogli izvesti dva takva putovanja tijekom jedne godine. Brodovi su iz Venecije polazili u veljači i vraćali se u svibnju, te ponovno polazili na put u kolovozu i vraćali se prije Božića. Novi veći brodovi ohrabрили su plovidbu u Sjeverno more. Prvo su 1277. stigle galijske galije iz Genove, a nakon toga i jedrenjaci. Do 1314. su venecijanski brodovi redovito plovili do Flandrije.

Rana uporaba vatrenoga oružja na moru nije dala osobite rezultate i iznijela je na vidjelo neke probleme. Galijske galije, koje su imale nizak bok iznad vode, nisu se pokazale prikladnim nosačima artiljerije. Postavljeni na palube i kule plovila višeg boka topovi su pak dodatno otežavali brod i činili ga nestabilnim pri lošem vremenu. Ti će problemi biti riješeni tek kasnije, postavljanjem topova na vlastitu palubu s otvorima u koritu broda, što će pak dovesti do novog načina pomorskog ratovanja.

10.7. Graditeljstvo

Tijekom ranog srednjeg vijeka u sjevernoj Europi se nisu proizvodile opeke, sve do kasnog srednjega vijeka. Zaboravljeno je i umijeće proizvodnje rimskoga cementa i betona i ono će se iznova pojaviti tek u 19. stoljeću.

romanska crkva
propadanje rimskih cesta i mostova
katedrale, gotička gradnja
razvoj srednjovjekovne utvrde – zamka
cestogradnja, mostovi
gradska infrastruktura – popločavanje ulica, kanalizacija, vodoopskrba

Crkva Notre Dame de Paris, čiji je kamen temeljac položen 1163., bila je jedna od prvih katedrala koje su prihvatile gotički stil u arhitekturi. To je jedna od prvih zgrada na kojoj se pojavljuju kontrafori, vanjski potpornji, odvojeni od zidova, koji drže svodove bez potrebe za unutrašnjim sponama. Do 1182. je bila dovršena apsida (dio iza oltara) i kor; do 1196. bila je dovršena lađa, a do 1250. i dva velika zvonika. Dotjerivanje građevine potrajalo je do 1345.

10.8. Staklo i naočale

Staklo, poznato u antičko doba, iznova će se pojaviti u industriji tek u 13. st., nadasve u Veneciji, a početak će se industrijski proizvoditi tek u Italiji u 14. st., kao i papir, koji će svoj procvat doživjeti tek izumom tiskare. Staklo u srednjem vijeku uglavnom predstavlja vitraj.

Proizvodnja stakla u 12. stoljeću je slijedila stare postupke. Smjesa koju je činio pepeo drveta i pijesak u omjeru 2:1 je zagrijavana u peći umjerene temperature, pri čemu natrijev karbonat (Na_2CO_3) iz pepela reagira sa silicijevim dioksidom (SiO_2) iz pijeska. Tako dobivena sirovina je taljena na visokoj temperaturi i puhana pomoću željezne cijevi. Za proizvodnju prozorskoga stakla, mjehur nastao puhanjem je oblikovan u valjak, baze su mu odsječene, plašt je presječen duž osi i izravnian u ploču. Tijekom vremena su se za dobivanje stakla željene boje u mješavinu počeli dodavati oksidi metala (kobalt za plavu, mangan za ljubičastu, bakar za crvenu, željezo za žutu). Zapravo je najteže bilo dobiti bezbojno staklo (dugo to uopće nije bilo moguće).

Razvoj naočala između 13. i 16. st. izveli su isključivo majstori, bez pomoći znanosti. Nije se znalo kako funkcionira oko i što izaziva dalekovidnost i kratkovidnost. Optika se nije razvila do istraživanja leća i prepušta ih majstorima. Jedan od razloga za to bio je i stav aristoteljske filozofije prirode, prema kojoj optički instrumenti izobličuju prirodu.

Europski su redovnici koristili »kamenje za čitanje«, tanke komadiće prozirnog berila i kvarca. No ta su pomagala bila sprava za jedno oko. Naočale su vjerojatno izumljene u Italiji krajem 13. ili početkom 14. st. S tim pronalaskom nisu povezana imena znanstvenika i vjerojatno su za njega zaslužni majstori staklari, koji vjerojatno nisu poznavali Alhazenova i Baconova djela. Pretpostavlja se da su pronađene slučajno, prilikom izrade staklenih ukrasa u obliku leća.

O pronalasku naočala postoje dva pisana izvora. Jedan je nadgrobni spomenik u Firenzi, na kojem piše da u grobu počiva Salvino delli Armati, izumitelj naočala, koji je umro 1317. U kronici jednog samostana u Pizi piše kako je fratar Aleksandar de Spina bio veoma vješt, te je na temelju naočala koje je vidio uspio i sam ih izraditi. Umro je 1313.

Na temelju izvještaja i portreta iz 14. i 15. st. zaključujemo da su prve naočale bile konveksne, za dalekovidne. Konkavne naočale, za kratkovidne, vide se na portretu pape Leona X., kojeg je 1517. godine naslikao Rafael. Bile su vrlo skupe.

Naočale su brzo stekle popularnost. Godine 1289. talijanski autor Sandro od Popoza bilježi kako je taj nedavni izum »prava blagodat za sirote starce kojima je oslabio vid«. Talijani su ih nazvali »lečom« jer su nalikovale na zrno leće. Prve su naočale držale vrpce i remenčići, a ideja da ih se pričvrsti na metalne krakove koji se zatiču za uši pojavila se u 18. stoljeću.

10.9. Papir

Papir je bio proizvođen u Kini već u 2. st. Otuda se proširio najprije islamskim svijetom, u Bagdadu je već korištena snaga vode, a u Španjolskoj se takve tvornice javljaju oko 1150.

Veća proizvodnja lanenoga platna, potaknuta modom nošenja lanenih košulja i veša, dala je sirovinsku bazu za proizvodnju papira u Europi, postupci koje su preuzeti iz Kine. Tako je cijena papira pala, a tržište se proširilo.

Papir se proizvodio u dva koraka. U prvom krpe su se rezale, namakale, sjeckale i tukle u koritima batovima sa šiljcima. U drugom je koraku tako dobivena kaša prenošena u kacu tople vode, miješana i uranjana u pravokutni kalup s rešetkastim dnom od žice. Slojevi kaše su podizani i slagani na hrpu, razdvojeni filcem, a iz hrpe bi se potom iscijedila voda. Tako dobiveni listovi su sušeni, izglađeni kamenom te uronjeni u kacu kelja od želatine i stipse.

U kršćanskoj Europi se je snaga vode u proizvodnji papira počela koristiti 1276. u Italiji (Fabriano).

alkemija, postupci, peći, oprema

