

Matematika v proměnách věků. V

Ján Čižmár

Inžinierska matematika a inžinieri-matematici v zrkadle dejín

In: Martina Bečvářová (editor); Jindřich Bečvář (editor): Matematika v proměnách věků. V. (Slovak). Praha: Matfyzpress, 2007. pp. 137–146.

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/400890>

Terms of use:

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://dml.cz>

INŽINIERSKA MATEMATIKA

a inžinieri-matematici v zrkadle dejín¹

JÁN ČIŽMÁR

Úvod a historický náčrt tematiky

Historický obraz vývoja matematiky v civilizáciách v priebehu približne piatich tisícročí, z ktorých existujú písomné záznamy matematickej povahy, prezentuje matematiku v prvej polovici jej zdokumentovanej existencie ako sofistikovanú súčasť vyšších intelektuálnych činností, zameraných na riešenie aktuálnych praktických úloh. Najstaršie písomné záznamy s matematickým obsahom zo starovekého Egypta a z Mezopotámie poukazujú na mnohostranné používanie matematických prostriedkov v evidencii obyvateľstva a materiálneho bohatstva, v ekonomických záznamoch o produkcii v rôznych výrobných odvetviach, v obchode, v službách a v plánovaní a realizácii technických projektov výraznej spoločenskej dôležitosti: monumentálne pozemné stavby (pyramídy, zikkuraty), úžitkové stavby veľkého rozsahu, vodné stavby globálneho významu (priehrady, nádrže, kanály, vodné cesty, zavodňovacia sieť atď.), dopravné stavby, vojenské stavby a zariadenia (ubytovne, pevnosti, stavba lodí, výzbroj) ap. Autori plánov a vedúci realizátori projektov – okrem ojedinelých výnimiek anonymní – museli okrem ovládania matematických poznatkov a vysokej zručnosti v ich praktickom používaní neraz riešiť praktickou skúsenosťou problémy, na ktoré im dovtedajšia prax ani teória nedávali použiteľnú odpoveď; napr. sklon stien pyramíd vzhľadom k rovine základne sa musel riešiť praktickou skúsenosťou pokus – neúspech – korekcia. Empirické poznatky týchto starovekých inžinierov vošli ako záväzné pravidlá do matematickej „teórie“, ktorá spočívala v súbore dogmatických návodov na riešenie určitých typických úloh.

Výrazné oddelenie matematickej teórie od praktického používania matematických poznatkov sa odohralo na úsvite vzniku matematiky ako vedy založenej na používaní logiky, špeciálne pravidiel logickej dedukcie, v 6. storočí pred n. l. v antickej gréckej spoločnosti súbežne s formovaním iónskej racionalistickej filozofie. Proces hromadenia zdôvodnených matematických poznatkov po prvý pokus totálnej systemizácie trval približne poldruha storočia a cesta k vzniku prvého axiomaticko-deduktívneho systému celej teoretickej matematiky okolo r. 300 pred n. l. potrebovala ešte raz toľko času. Celý ten čas nepochybne

¹ Pôvodne otištено ve sborníku *Matematika a jej aplikácie v inžinierskom vzdelávaní*, Nitra, 2006, ISBN 80-8069-708-6, 5–13.

existovala aj matematika praxe používaná v technike „občianskeho“ i monumentálneho stavebníctva, dopravných pozemných a vodných stavieb, v stavbe lodí, výrobných zariadení, v remeselnej výrobe, v obchode, občianskej a štátnej evidencii atď., ale táto praktická matematika stála mimo pozornosti nielen popredných matematikov-teoretikov, ale aj prvých historikov matematiky (Eudemos z Rodu v 4. storočí pred n. l.). Preto historické poznatky o tomto prúde starovekej matematiky sú nadmieru kusé a epizodické.

Značne odlišný obraz postoja k praktickej matematike poskytuje etapa vrcholného kvantitatívneho rozvoja helenistickej matematiky a jej postavenia v oblasti Stredomoria, najmä v rímskej spoločnosti v poslednom storočí pred n. l. a v prvých storočiach n. l. Výrazne prakticistický, racionalistický a utilitaristický duch rímskej spoločnosti spolu s rozsiahlymi a povahou zložitými technickými nárokmi na materiálne zabezpečenie potrieb rozľahlej ríše vyžadovali široký okruh technicky vzdelaných kádrov najrozmanitejšieho zamerania. Spomedzi tejto početnej vrstvy vzdelaných praktikov, v ktorých teoretickej a praktickej výbave matematika zaberala významné postavenie, vyšlo niekoľko vynikajúcich odborníkov, ktorí v svojich písomných príručkách v rámci zachytenia špičkového stavu vlastného odboru sprostredkovali aj vrcholnú úroveň špecifických aplikácií matematiky.

Po zániku antickej civilizácie v čase formovania nerozvinutej ranofeudálnej spoločnosti v Európe štafetu matematického pokroku prevzali učitelia islamských krajín Predného východu a Stredomoria. Špecifickou črtou rozvoja matematiky v týchto krajinách od 8. do 15. storočia bola vyvážená relácia medzi tendenciou k teoretickému spracovaniu riešenia aktuálnych matematických problémov a praktickým zameraním matematickej tematiky na potreby početných odvetví praktického života. Ďalšou osobitosťou vzťahu rýdzej a aplikovanej matematiky v islamských krajinách bol pozoruhodný fakt, že vypracúvanie aplikčných modifikácií teórie a ich používanie v konkrétnych oblastiach praxe bolo spravidla úlohou matematikov-teoretikov, ktorí boli neraz aj priamymi realizátormi aplikčných projektov. (Teda nie inžinieri sa stávali matematikmi, ale matematici inžiniermi.) Európska vzdelanosť v tom období zápasila s elementárnymi problémami rekonštrukcie antickej úrovne a hlavné stimuly svojho pokroku čerpala z prameňov islamskej matematiky. Len ojedinelými dielami prekročila obmedzenosť a uzavretosť univerzitnej tvorby a výučby a dospela k plodnému spojeniu teoretického stvárnenia s možnosťami reálnej praktickej aplikácie.

Príklon renesančnej Európy k problémom života, prírody a praktických potrieb spoločnosti, spojený so zvýšeným záujmom o problémy materiálnej produkcie, jej metód, prostriedkov a empirickej i vedeckej bázy, razantne zmenil postavenie matematiky v hierarchii spoločenských hodnôt a pripravil pôdu pre jej rozsiahle a intenzívne začlenenie do sústavy priamych nástrojov riadenia ekonomiky a rozvoja jej výrobných odvetví. Nerealizované projekty rozmanitých odvážnych technických vynálezov i hlbokých zásahov do prírodného prostredia v záujme rapidného zvýšenia materiálnej, najmä poľnohospodárskej produkcie, v tom čase v nepublikovanom diele všestranného renesančného génia Leo-

narda da Vinci poukazujú na nezastupiteľnú úlohu inžiniersko-matematického prístupu k formulácii aj riešeniu nastupujúcich technických problémov rodiacej sa postremeselnej éry vo výrobe. Pre 16.–17. storočie v Európe sú príznačné nielen zvýšený záujem o prírodovedu a publikácie prvých – na svoju dobu vrcholne exaktných – monografií z oblasti prírodných vied a vied o Zemi, ale aj razantný prienik matematických poznatkov a metód do rôznych vied a odborov technických činností civilnej i vojenskej sféry. Špičkoví odborníci týchto odvetví preukázali nielen vysokú zručnosť v používaní matematiky, ale aj mnohými racionalizačnými úpravami a dômyselnými technickými zdokonaleniami prispeli k obohateniu obsahu matematiky a k zjednodušeniu a spresneniu jej symboliky, čím rozšírili hranice jej aplikability a sprístupnili možnosť matematického vzdelávania značne širšiemu okruhu obyvateľstva.

Vývoj matematiky v 18. storočí, ktorého progres sa odohrával temer výlučne v Európe, priniesol novú kvalitu do vzťahu rýdzej a aplikovanej matematiky. Kým rozvoj techniky do 18. storočia v podstate vystačil s elementárnoma-matickou bázou, 18. storočie zaznamenalo nezadržateľný prienik výsledkov a metód rozvíjajúcej sa vyššej matematiky do rôznych oblastí techniky, a nároky techniky na účasť vyššej matematiky v riešení jej aktuálnych problémov sa ukázali ako životne dôležité. Odrazom tohto vzťahu techniky a novej matematiky boli dve tendencie, ktoré mimoriadne priaznivo ovplyvňovali vývoj oboch oblastí. Na jednej strane technické problémy (okrem iných) priťahovali pozornosť vrcholných matematických teoretikov, ktorí vynikajúcou schopnosťou abstrakcie transformovali konkrétne úlohy techniky na problémy širšej všeobecnosti; z nich spravidla rezultoval dôležitý teoretický problém ako naliehavá výzva vedeckého – obvykle úspešného – riešenia. Na druhej strane sa čoraz väčší okruh praktikov presviedčal o užitočnosti, dokonca nevyhnutnosti poznania novej matematiky ako nástroja presnejšej formulácie a efektívneho riešenia stále náročnejších technických problémov. Výrazom reakcie na tieto nové spoločenské potreby bol vznik špecializovaných vzdelávacích inštitútov, z ktorých sa v 19. storočí vyvinulo klasické technické vysoké školstvo. Špičkoví špecializovaní inžinieri týchto výchovno-vzdelávacích inštitúcií neraz riešili závažné technické úlohy globálneho charakteru na báze znalostí najnovšej matematiky dôvtipnou úpravou a aplikáciou matematických výsledkov a metód, pri prekonávaní prekážok v praxi často vnášali do matematiky nové stimuly pre jej rozvoj a svojim učiteľským pôsobením výrazne ovplyvňovali postoje nastupujúcej generácie inžinierov k organickému začleneniu matematiky do rutínnej inžinierskej praxe. Mnohokrát boli iniciátormi a niekedy aj realizátormi inovácie obsahu matematického vzdelávania inžinierov.

Absolútna európska matematická špička 18. storočia na najvyššej teoretickej úrovni riešila mnohokrát problémy, ktorých pôvod bol v aktuálnej spoločenskej praxi a ktorých riešenie sledovalo v niektorých prípadoch líniu najvyšších štátnych záujmov. Nebol výnimkou prípad, keď sa vrcholný vedec na realizácii závažných globálnych projektov podieľal vlastnou fyzickou účasťou; riadiaca a dozorná činnosť vedcov-teoretikov v realizácii takýchto projektov bola viac pravidlom než výnimkou. Tento zástoj teoretickej vedy a jej nositeľov

v dôležitých oblastiach spoločenskej, špeciálne technickej praxe mal pokračovanie aj na začiatku 19. storočia a vo vyhrotených situáciách malo zaradenie vedca do štátnych útvarov organizačno-výkonného zamerania často formu priameho štátneho príkazu. (Ako príklad praktizovania takejto politiky možno uviesť povinné angažovanie vrcholných prírodovedcov v rôznych orgánoch francúzskej republiky a cisárstva od čias Veľkej francúzskej revolúcie.)

19. storočie prinieslo rozsiahle zmeny v organizácii technického školstva, výsledkom ktorých bolo markantné zvýšenie úrovne teoretickej prípravy inžinierov, osobitne v profilových exaktných disciplínach – matematike, deskriptívnej geometrii a fyzike. Polytechnické inštitúty, zriaďované priamou štátnou ingerenciou vo vyspelých štátoch strednej, západnej a južnej Európy približne od r. 1810, po úvodných hľadaniach vlastného profilu v 1–2 prvých desaťročiach existencie sa sformovali na efektívne výchovné inštitúcie s vysokou úrovňou teoretickej i praktickej prípravy inžinierov, ktoré na niektorých svojich pracoviskách vykazovali silnú koncentráciu vedecko-výskumnej kapacity učiteľských a neskôr aj špecializovaných výskumníckych kádrov. Špičkoví technickí odborníci prispeli v početných prípadoch k rozvoju aplikovanej matematiky, vynikajúci matematici pôsobiaci na týchto školách neraz čerpali inšpiráciu k vážnej vedeckej tematike v praktických technických problémoch a nezriedka pôsobili v technickom školstve pre nedostatok príležitostí získať primerané pracovné miesto na klasických univerzitách. V každom prípade pôsobenie významných matematických osobností na technických vysokých školách znamenalo pre ne minimálne rozšírenie tematického obzoru ich vedeckých záujmov a obohatenie okruhu stimulov ich vedeckej práce. Plodná symbióza rýdzej (teoretickej) matematiky a na problémy technických odvetví orientovanej aplikovanej matematiky bola príznačná pre popredné vysoké technické školy v Európe a v USA aj v 20. storočí, o čom svedčia úspechy nových technických odvetví najmä v druhej polovici 20. storočia. Príklad vojenského priemyslu a kozmického programu dvoch v týchto oblastiach najvyspelejších krajín sveta a angažovanie špičkových teoretikov do riešenia praktických problémov v tejto sfére poukazuje na stieranie ostrých hraníc medzi „rýdzou“ a „aplikovanou“ matematikou a na rastúci význam tých matematických disciplín, v ktorých aplikačný potenciál je imanentne obsiahnutý v ich podstate. Do okruhu týchto disciplín možno zahrnúť aj odbory, ktorých technická báza je životne spätá s počítačovou technikou, teda aj také oblasti, akými sú počítačová geometria a počítačová grafika. Protiklad „vedeckého“ a „inžinierskeho“ prístupu v nich stráca zásadný význam a nevyhnutnou podmienkou úspešnosti v riešení špecifických problémov je úzka spolupráca predstaviteľov oboch línii. Ideálne by bolo zjednotenie vysokej úrovne vzdelania a invencie v oboch zložkách týchto disciplín u popredných predstaviteľov týchto odborov. Azda nie je príliš vzdialený čas, keď sa tento postulát stotožní s reálnym stavom. V každom prípade treba odmietnuť úzkoprse chápание vedeckého prínosu v matematike ako sformulovanie výslovne „kamenného“ vedeckého výsledku zaraditeľného do „pokladov“ teórie.

Niektorí predstavitelia inžinierskej matematiky v zrkadle histórie

Prvou v histórii zaznamenanou spoločenskou vrstvou civilizácií, príslušníkov ktorej možno považovať za predchodcov dnešných inžinierov, bola vrstva zememeračov v starovekom Egypte. Gréci označovali egyptských zememeračov názvom *harpedonapti* a prisudzovali im vysokú úroveň matematických, špeciálne geometrických vedomostí a virtuózne schopnosti ich praktického uplatnenia. Filozof (a matematik) Demokritos (okolo 460 – okolo 370 pred n. l.) uznáva, že sám geometrické umenie harpedonaptov prekonáva len schopnosťou logického dôkazu. Je pravdepodobné, že harpedonapti okrem praktického výcviku absolvovali aj isté penzum teoretickej prípravy absolvovaním nejakého kurzu v písárskej škole.

Prvé známe meno donedávna legendárnej, dnes už potvrdenej historickej osobnosti s väzbou na matematiku patrí najvyššiemu vezírovi, hlavnému veľkňazovi, lekárovi, pisárovi, architektovi pyramíd a matematikovi IMHOTEPOVI, ktorý pôsobil v najvyšších štátnych funkciách v starovekom Egypte za vlády tretej dynastie v Starej ríši v 27. storočí pred n. l. Frekvencia hieroglyfických nápisov, v ktorých sa vyskytuje jeho meno, a súvislosti, v ktorých sa spomína, potvrdzujú významný fakt, že posmrtné mu bol prisúdený božský status a boli preukazované božské pocty. Za nepochybný sa považuje fakt, že bol hlavným staviteľom stupňovitej pyramídy druhého panovníka tretej dynastie faraóna Džosera v Sakkare. Z uvedených skutočností a z označenia Imhotepa za hlavného pisára možno usúdiť, že s najväčšou pravdepodobnosťou bol dobovým polyhistorom, nositeľom najdôležitejších poznatkov, medzi ktorými matematika zaberala veľmi významné postavenie.

Z bližšej historickej doby z 1. storočia pred n. l. je zaznamenaných niekoľko udalostí, ktoré poskytujú plastickejší a hodnovernejší obraz o stave a úspechoch aplikovanej matematiky v Rímskej ríši. Je to predovšetkým Caesarova reforma kalendára r. 45 pred n. l. na báze poznatkov alexandrijských učencov, špeciálne na odporúčanie astronóma a matematika Sosigena. Caesarov kalendár, známy pod názvom *juliánsky*, sa v katolíckych krajinách Európy udržal až do r. 1582, keď bol nahradený kalendárom *gregoriánskym*, platným dodnes. (Protestantské krajiny zavádzali nejednotne gregoriánsky kalendár od 18. storočia, v Rusku bol zavedený až r. 1918.) Caesar mal v pláne aj generálne geodeticko-kartografické zmeranie celého rímskeho impéria, no jeho násilná smrť posunula realizáciu tohto plánu do rokov 37 pred n. l. – 20 n. l. Geodetické merania a kartografické práce prebiehali pod vedením vojvodu a staviteľa MARCA VIPSANIA AGRIPPU a hlavný podiel praktických meračských prác realizovali *agrimensores* (zememerači, doslova *vymeriavači polí*), ktorých úloha v rímskom staviteľstve, vojenstve, poľnohospodárstve a niektorých ďalších oblastiach bola vysoko vážena a nezastupiteľná. Matematické metódy praktického zememeračstva a ďalších činností sú opísané v početných kompletných dielach vrcholných rímskych odborníkov v poľnohospodárstve (IUNIUS MODERATUS COLUMELLA: *De re rustica* – O poľnohospodárstve, asi r. 62 n. l.), zememeračstve, vojenstve a komunálnom

stavitelstve (SEXTUS IUSTINUS FRONTINUS, posledné dielo dokončené okolo r. 98 n. l.) a ďalších odboroch materiálnej praxe, dôležitých pre chod rímskej spoločnosti.

Významným rímskym polyhistorom bol MARCUS TERENTIUS VARRO (116 – 27 pred n. l.), autor niekoľkých diel s tematikou aplikovanej matematiky (merania, praktická geometria) a desaťzväzkovej encyklopédie, z ktorej dva zväzky sú venované aritmetike a geometrii a jeden zväzok architektúre. V kontexte architektúry sa vyskytuje aj mnoho matematicko-geometrických a deskriptívno-geometrických poznatkov a metód v diele *De architectura libri decem* (Desať kníh o architektúre), ktorého autorom bol vojenský inžinier, významný architekt a stavitel MARCUS VITRUVIUS POLLIO (asi 70 – 25 pred n. l.), v dejinách architektúry uvádzaný jednoducho ako *Vitruvius*.

Najznámejším a najvýznamnejším predstaviteľom aplikovanej „inžinierskej“ matematiky rímskej éry bol HERÓN ALEXANDRIJSKÝ (asi 1. storočie n. l.), originálny inžiniersky encyklopedista, autor početných kníh o mechanike, vojenských zbraniach a zariadeniach, meraciach a astronomických prístrojoch, optike, automatoch a hračkách založených na pôsobení fyzikálnych zákonov v plynách a kvapalinách atď. Celé jeho rozsiahle dielo je zamerané na účelné použitie v praxi inžinierov, architektov, zememeračov, vojenských technikov, remeselníckych majstrov a podobných predstaviteľov praxe. Matematická časť jeho diela je z dnešného pohľadu aplikovanou, špeciálne numerickou matematikou s dôrazom na možnosť praktického využitia aproximácií. Hlavnými Herónovými dielami s prevažne matematickým obsahom sú trojdielna *Metrika* (náuka o meraniach dĺžok, obsahov a objemov geometrických objektov), *Geometria*, *Stereometrika*, *Geodesia*, *Mensurae* (Miery). Z diela *Metrika* pochádza známy „Herónov vzorec“ na výpočet obsahu trojuholníka z dĺžok jeho troch strán.

Diela menej významných autorov aplikovanej matematiky z obdobia dominancie Rímskej ríše, akými boli napr. *Hyginus*, *Balbus*, *Celsus*, *Nipsos*, *Epafroditos*, *Vitruvius Rufus* a i., sa nenávratne stratili. Dôležité zlomky z nich sú obsiahnuté v rukopise *Codex Arcerianus*, ktorý vznikol v 6. alebo 7. storočí.

Matematika islamských krajín, spisovaná prevažne v arabskom jazyku a vytváraná vedcami rozmanitých etníc od 8. do 15. storočia, spájala v sebe dve zdanlivo protikladné črty svojich hlavných zdrojov – pragmatizmus a praktizmus orientálnej matematiky Indie a Číny a ich historických predchodkýň v oblasti Blízkeho a Stredného východu – matematiky starovekého Egypta a Mezopotámie na jednej strane – a logickej dôslednosti a exaktnej strohosti grécko-helenistickej matematiky na strane druhej. Praktický charakter islamskej matematiky mal svoj najsilnejší výraz vo forsírovaní algoritmickej postupov – a to nielen v aritmetike a algebre – a v dôraze na numerické detaily a vysokú presnosť aproximácií, čo bolo dôležité nie tak z hľadiska používania v bežnej praxi remeselníkov, obchodníkov a dobových inžinierov, ako z hľadiska potrieb vedeckých aplikácií, a to najmä v astronómii, ktorá bola v islamskom svete spojená s matematikou ešte užšími putami, než tomu bolo v ostatných vyspelých regiónoch vtedajšieho známeho sveta. Prakticky každý vynikajúci matematik bol aspoň v určitých etapách svojej vedeckej a odbornej činnosti

zaangažovaný do riadiacej, organizačnej, ba aj stavebnej činnosti pri budovaní a prevádzke v tom čase špičkovu moderných astronomických observatórií na území štátov, od vládcov ktorých boli existenčne závislí. Príklady *Omara Chajjáma* (1048–1131), *Násira ad-Din at-Túsi* (1201–1274) a *Džamšida Gijátha ad-Din al-Káší* (zomrel okolo r. 1029) vylučujú akékoľvek pochybnosti o tomto tvrdení.

Zákonný záujem špičkových odborníkov o zdokonaľovanie numerických postupov pri aritmetických a algebrických operáciách a hľadanie metód ich realizácie obmedzenými materiálnymi prostriedkami, použiteľnými v bežných podmienkach praxe, viedol aj najvyspelejších autorov k vypracúvaniu metód pochopiteľných z hľadiska praktických používateľov, no často vzdialených od logiky vedeckého postupu. Bez tohto vysvetlenia by boli sotva pochopiteľné komplikované počtárske algoritmy a zdanlivo zbytočné operácie zdvojnásobovania a rozpoľovania v *al-Chorezmího* (asi 783–850) *Knihe o indickom spôsobe počítania*, ako aj zložité postupy získavania medzivýsledkov a ich vymazávania v *Knihe o tom, čo potrebujú pisári a kupci z aritmetiky* od *Abu 'l-Wafu* (940–997/8) alebo v *Dostatočnej knihe o vede aritmetike* od *al-Karadžího* (zomrel medzi 1019–1029). Zameranie diel ďalších popredných autorov príznačne charakterizujú názvy: *Všetko potrebné z indickej matematiky* (*an-Nasaví*; zomrel 1029/1030), *Zborník o aritmetike používajúcej tabuľku a prach* (*at-Túsi*).

Praktické zameranie je zjavné aj z najvýznamnejších kníh s geometrickým obsahom. Prvú z nich spísali traja bratia *banú-Músá* (synovia Músu ibn Šakira) – *Džafar Muhammad*, *al-Hasan* a *Ahmad* – okolo polovice 9. storočia. Kniha čerpá z grécko-helenistických prameňov, má široký záber aj v teoretickej časti, kde vychádza z Euklida, Archimeda, Menelaa a ďalších, no značný dôraz kladie na numerickú stránku, kde je hlavnou autoritou Herón, a na aproximatívne grafické metódy a mechanické konštrukcie s odvolaním sa o. i. aj na Platóna. Praktický charakter značnej časti diela podporujú aj elementárne konštrukcie, akou je napr. „záhradnícka“ konštrukcia elipsy.

Numerický charakter riešenia geometrických úloh stojí v popredí aj v geometrických častiach aritmetických diel *Abu 'l-Wafu* a *al-Karadžího*, praktickú konštrukčnú zložku užitočných geometrických úloh prezentuje *Kniha o tom, čo je z geometrických konštrukcií nevyhnutné pre remeselníka*, ktorej autorom je *Abu 'l-Wafa*. V goniometrickej tematike, zameranej hlavne na potreby astronómie, je orientácia na presnosť numerických aproximácií samozrejma.

V matematike islamských krajín teda niet ostrej hranice medzi rýdzo teoretickou a aplikačnou úrovňou a aplikačný aspekt je neoddeliteľnou zložkou aj vrcholnej vedeckej tvorby. Zjednodušene vyjadrené – tvorca teoretickej matematiky je aj autorom jej inžinierskej verzie a veľmi často aj jej používateľom.

Európska matematika stredného a neskorého obdobia stredoveku nestála pred naliehavými úlohami adaptácie „vedeckej“ matematiky pre potreby rozmanitých praktických odvetví. Ak sa takáto úloha v nej lokálne a krátkodobo objavila, išlo spravidla o problematiku vnesenú zvonku z oblastí nie výrazne typických pre európsku spoločnosť. Napr. v mnohých pasážach knihy *Liber abaci* (*Kniha o abaku*, 1202, 1228) *Leonarda z Pisy* (okolo 1170 – po 1240), ako aj

v rozsiahlom diele *Lucu Pacioliho* (okolo 1445 – okolo 1514) *Summa de arithmetica, geometria, proportioni et proportionalita* (Suma aritmetiky, geometrie, pomerov a proporcií, 1487, tlačou vyšla v Benátkach r. 1494) sú miesta zjavne orientálneho, predovšetkým arabského pôvodu, k aktuálnosti ktorých európska matematika dovtedy prirodzeným vývojom nedospela. Európska prax očividne zatiaľ naliehavo nepotrebovala matematické prostriedky takého kalibru.

Renesancia rozšírila obzory európskeho myslenia aj praxe. Rigidná ideológia predrenesančnej cirkvi, likvidujúca represívnymi orgánmi tejto inštitúcie s oporou v brachiálnej praxi svetskej vrchnosti akýkoľvek náznak liberalizmu, dostávala vážne trhliny a nebola schopná zabrániť prieniku nových prúdov do mnohých oblastí života spoločnosti. Nové metodologické koncepcie zasiahli aj oblasť exaktnej prírodovedy, kde matematika jednak svojím numerickým aparátom, jednak svojimi sofistikovanými princípmi systemizácie a argumentácie ukazovala vzor možných postupov v iných disciplínach na ceste k vybudovaniu ich uceleného teoretického systému. Úspešným príkladom materializácie takej metodológie je vznik geológie ako teoretickej vedy v diele *Georgia Agricolu* (1494–1555) (v nemeckej verzii Georg Bauer) *De re metallica* (podľa zmyslu a obsahu O povahe kovov, 1556). Dielo vysokej teoretickej hodnoty obsahuje aj kompletne informácie o praxi baníctva. V tom zmysle je to aj dielo inžinierske, hoci jeho autor nikdy banícku prax systematicky nevykonával.

Pozoruhodnou postavou 16. storočia vo vzťahu k matematike bol GERARDUS MERCATOR (1512–1594). Ako absolvent humanitne zameraného univerzitného štúdia obrátil svoj záujem na geografiu a s ňou súvisiace disciplíny, z ktorých najdôležitejšou bola preňho matematika. Existenčne sa zabezpečoval praktizovaním ryteckého remesla a konštruovaním vysokokvalitných matematických prístrojov. Hĺbavá povaha, relatívne vysoké matematické vzdelanie a nepochybné nadanie prispeli k tomu, že sa stal najvýznamnejším odborníkom matematickej kartografie v uvedenom storočí. Pochádza od neho niekoľko úprav zobrazenia kartografickej siete (Mercatorovo zobrazenie), objav nových vlastností loxodrómy a jej jednoduchého obrazu v niektorých zobrazeniach. Najväčšie uznanie mu zaistili novátorské mapy vynikajúce presnosťou a invenienciou. Je príkladom praktika s veľkými schopnosťami teoretického myslenia a zovšeobecňovania.

Mnohostranným talentovaným inžinierom s vysokým organizačným nadaním a veľkým zmyslom pre technické inovácie a progresívne industrializačné opatrenia bol SIMON STEVIN (1548–1620), generálny ubytovateľ oslobodeneckej armády Spojených nizozemských provincií. Po úspešne ukončenej vojne sa vrátil k civilným aktivitám, výsledkom ktorých bolo 11 kníh prevažne matematického charakteru, z väčšej časti zameraných na použitie matematiky v rôznych oblastiach života spoločnosti (výpočet úrokov, miery a váhy, perspektívne zobrazovanie, navigácia, verejná správa, právne postavenie jedinca v spoločnosti atď.). Európsku popularitu si vyslúžila jeho útla brožúrka *La Theinde* (Desatina, 1585), v ktorej navrhol zracionalizovaný zápis celých aj zlomkových čísel v desiatkovej číselnej sústave. Jeho spôsob zápisu sa síce všeobecne neujal, ale princíp zdokonalený Neperom zavedením desatinnej bodky (čiarky)

platí dodnes ako medzinárodný štandard zápisu týchto čísel. Ostatná Stevinova matematická produkcia nezískala taký ohlas, ale v lokálnych reláciách patrila k slušnému štandardu národnej matematicko-aplikačnej literatúry.

18. storočie je v novodobej histórii z hľadiska vzťahu medzi rýdzo teoretickou a aplikovanou matematikou asi obdobím ich najintenzívnejšej a najplodnejšej koexistencie a kooperácie. Oba prúdy matematiky mali ideálne vyvážené zastúpenie v personálnej jednote takých vrcholných osobností matematiky, akými boli Jakob a Johann Bernoulli, Daniel Bernoulli, Euler, Clairaut, d'Alembert, Lagrange, Laplace a i. Absolútna výška výsledkov teoretického výskumu sa v ich diele spájala s vrcholnými aplikovateľnými dôsledkami, použiteľnými od oblastí najvyššieho štátneho záujmu po také odľahlé sféry, akými boli demografia, matematické hry a zábavy a pod. Oproti praxi 20. storočia, keď sa angažovanie špičkových vedcov na realizácii veľkých výskumných aj aplikačných projektoch dialo často na priamy príkaz najvyšších štátnych politických orgánov a osobností, chýbalo účasti vedcov na riešení významom obdobných úloh len jedno – taký výrazný rys hromadného kolektivismu.

19. storočie pokračovalo v osvedčených praktikách 18. storočia angažovaním vedcov-teoretikov na príprave a realizácii veľkých projektov inžinierskeho charakteru. Ako jeden príklad za všetky možno uviesť účasť Carla Friedricha Gaussa (1777–1855) na generálnom geodetickom meraní Hannoverského vojvodstva v rokoch 1821–1825. Aj následné matematické spracovanie výsledkov meraní malo v Gaussovi najvyššieho garanta korektnosti, najmä keď Gauss vypracoval niekoľko matematicky odôvodnených zdokonalení existujúcich numerických metód za účelom minimalizácie objektívne nevyhnutných chýb merania. Na druhej strane Gaussov zovšeobecňujúci pohľad na objekty, metódy a praktiky inžinierskej meračskej praxe dal základ vzniku prvotriednej matematickej teórie geodetík.

Na opačnom kraji jednoty vedecko-inžinierskeho prístupu k riešeniu úloh praxe a procesu teoretického zovšeobecňovania ich riešenia stojí taký významný výsledok, akým je opis cyklu parného stroja vojenským inžinierom *Sidi Carnotom* (1796–1832) s následným teoretickým dôsledkom pre termodynamickú teóriu.

19. storočie zaznamenalo mnoho ďalších príkladov plodného uplatnenia matematických výsledkov v praxi, často cestou priameho úsilia popredných matematikov hľadať matematické metódy riešenia aktuálnych problémov niektorých dôležitých odborov života spoločnosti; názorným príkladom sú metódy *Jörgena Pedersena Grama* (1850–1916) vypracované pre potreby bankovníctva a poisťovníctva alebo *vektorová metóda Olivera Heavisida* (1850–1925) vypracovaná osobnosťou inžinierskeho statusu ako účinná matematická metóda oblasti elektromagnetizmu a elektrotechniky. (Pravda, z hľadiska matematickej strohosti a exaktnosti bolo potrebné zaceliť určité medzery v matematických základoch metódy; to však bola korekčná úloha pre fundovanejších matematikov-teoretikov.)

Klasickým príkladom pôsobenia vyškoleného „rýdzeho“ matematika v oblasti aplikácie matematiky je činnosť *Ronalda Aylmera Fishera* (1890–1962)

v riešení konkrétnych úloh biológie, medicíny, biometrickej genetiky a problémov vývojovej teórie; jeho štatistické metódy vypracované ad hoc na konkrétne problémy sa preukázali ako silné štatistické metódy veľkej všeobecnosti a rozsiahlej použiteľnosti v mnohých ďalších oblastiach.

Záver

Sumarizáciou uvedených – v značnej časti náhodných – príkladov možno sformulovať ako oprávnený záver, že symbióza „rýdzej“ a aplikovanej matematiky je historicky nenahraditeľný dynamický faktor dejín matematiky v celej ich zaznamenanej dĺžke, faktor, ktorý má jednoznačne pozitívny stimulačný vplyv na obe zložky obsahu matematiky a je žiadúcim fenoménom progresu aj v celej budúcnosti matematiky.

A celkom na záver si možno dovoliť skromnú poznámku. Aj česko-slovenská a špeciálne slovenská matematika môže do výpočtu inžinierov, ktorí sa stali významnými matematikmi, prispieť svojimi – nie bezvýznamnými – príkladmi. Nech tu všetky mená zastúpi stavebný inžinier *Ivo Babuška*, elektroinžinier *Igor Kluvánek* (1931–1993) a inžinier jadrovej fyziky *Ivan Dobrákov* (1940–1997), po ktorom je pomenovaných niekoľko objektov funkcionálnej analýzy.

LITERATÚRA

- [1] Kolman A., *Dějiny matematiky ve starověku*, Academia, Praha, 1968.
- [2] Juškevič A. P., *Dějiny matematiky ve středověku*, Academia, Praha, 1977.
- [3] Internet.