

CHYBY

Jaké to je, když se člověk plete?

"Člověk si nepřipadá nijak, když se plete. Všechno se děje až ve chvíli, kdy to zjistí.
Chyba není pocit, ale diagnóza — něco, co poznáme až zpětně, když už je příliš pozdě."

— Úvod

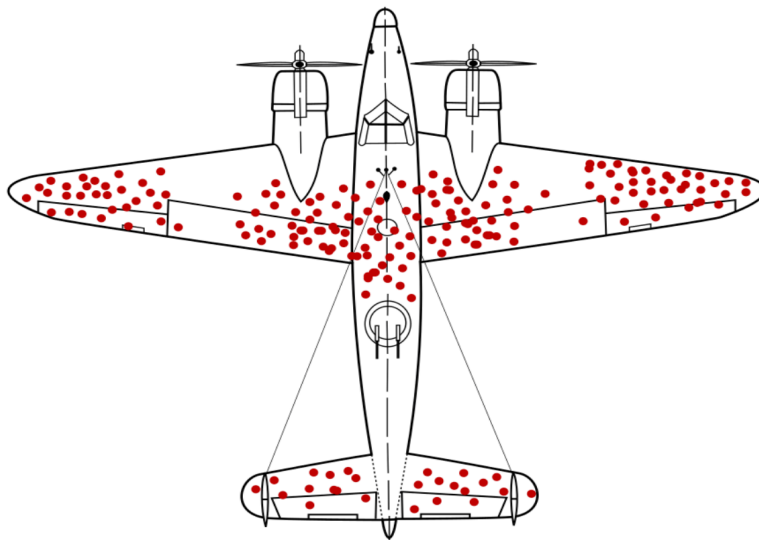
Kapitoly	Survivorship Bias · Dva světy poznání · Simpson · Monty Hall · Bayes · Katastrofy · Lékaři · Feynman
Klíčová lekce	Chyby se nehromadí náhodně — hromadí se systematicky, pokud je aktivně nevyhledáváme.
Zdroje	Všechny klikatelné — viz závěrečná sekce Zdroje a literatura

Obsah

I	Survivorship Bias: Letadla, která se nevrátila	3
II	Dva světy poznání: Co lze měřit a co nelze	5
III	Simpson's Paradox: Když agregovaná data lžou	8
IV	Monty Hall Problem: Proč byste měli přepnout dveře	10
V	Entropie: Zákon rozbitosti	12
VI	Technické katastrofy: Kdy se malé chyby stanou fatálními	12
VI I	Lékaři a cigarety: Instituční omyl	17
VI II	Feynman a Challenger: Fyzika proti papírování	18
IX	Semmelweis: Zachránce matek, kterého nikdo neposlouchal	21
X	Pouštění žilou: 2000 let léčby, která zabíjela	22
XI	Barry Marshall: Vypil jsem bakterie, abych přesvědčil svět	23
XI I	Homeopatie: Proč voda nemá paměť a 10:23 Kampaň	24
XI II	André Geim: Z levitující žáby ke grafenu a Nobelově ceně	25
XI V	Společný vzor + Neviditelné chyby	26
X	Závěr: Entropie a aktivní práce	20

I – Survivorship Bias: Letadla, která se nevrátila

Klíčová otázka: Kam přidat pancéřování na bombardéry, které se vracejí s kulkami?



Obr. I.1 — Diagram bombardéru s červenými tečkami označujícími místa zásahů na vracejících se letadlech. Abraham Wald pochopil, co tečky skutečně ukazují.

Během druhé světové války čelila americká armáda problému: bombardéry se vracely z misí proděravělé kulkami, ale nebylo jasné, kam přidat pancéřování. Vojenští inženýři analyzovali vracející se letadla a zaznamenali vzor poškození — většina zásahů byla na křídlech a trupu. Iniciální závěr byl zřejmý: posílit místa s nejvíce zásahy.

Abraham Wald a převratný náhled

Statistik **Abraham Wald** z Statistical Research Group na Columbia University přišel s counterintuitivním řešením. Kulky na vracejících se letadlech neukazují slabá místa, ale místa, kde letadlo *může být zasaženo a přežít*. Letadla zasažená v motorech, palivových nádržích a kokpitu se **nevrátila** — proto na nich nebyly vidět kulky.

Waldův závěr

Pancéřování přidat tam, kde nebyly vidět zásahy — na motory, kokpit a části ocasu. Tato místa byla nejzranitelnější; pokud tam bylo letadlo zasaženo, nespadlo a nedokázalo se vrátit domů. Diagram s červenými tečkami ukazoval místa, kde letadlo může přežít zásah. Opak toho, co velení předpokládalo.

Co je survivorship bias?

Survivorship bias je logická chyba, kdy se soustředíme pouze na entity, které prošly výběrovým procesem, a přehlídíme ty, které neuspěly. To vede k nesprávným závěrům kvůli neúplným datům — forma sampling bias, která vytváří přehnaně optimistická přesvědčení, protože **selhání zůstávají skrytá**.

Příklady z reálného světa

Finance: Studie výkonnosti fondů zahrnují jen ty, které přežily — mnohé ztrátové fondy byly uzavřeny a sloučeny s jinými, aby se skryl špatný výkon. Nassim Taleb nazval tato data jako „*silent evidence*“ — tiché důkazy, které nikdy neslyšíme, protože jejich nositelé už nejsou mezi námi.

Podnikání: Na každého Marka Zuckerberga připadají tisíce také-běžců. Studie z roku 2013 zjistila, že **91 % hudebních umělců zůstalo neobjevených** a jen 1,1 % bylo mainstreamových. Naprostá většina selhání není veřejně viditelná.

"Poradenský byznys je monopol vedený přeživšími. Když se něco stane nepřeživším, je buď úplně eliminováno, nebo jeho hlas je ztlumen na nulu."

— David McRaney, publicista



Obr. 1.2 — Survivorship bias ve financích, podnikání, kariéře i vědě. Esence: nevidíme selhání. A právě selhání mají nejdůležitější lekce.

II — Dva světy poznání: Co lze měřit a co nelze

Klíčová otázka: Kdy má názor stejnou váhu jako důkaz?

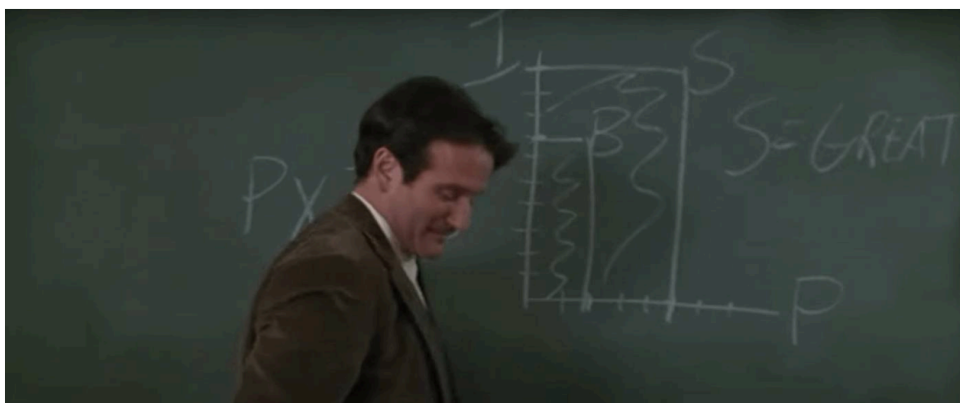
Ve filmu *Klub mrtvých básníků* (1989) čte student Neil Perry z učebnice *Understanding Poetry* od Dr. J. Evanse Pritcharda úvod, který navrhuje vědeckou metodu hodnocení poezie:

"Pokud vyneseme skóre dokonalosti básně na horizontální ose grafu a její důležitost na vertikální ose, pak výpočet celkové plochy básně dává míru její velikosti."

— Dr. J. Evans Pritchard — *Understanding Poetry*

Dva světy poznání: Co lze měřit a co nelze

Kdy má názor stejnou váhu jako důkaz?



Obr. II.1 — Učitel John Keating (Robin Williams) v *Klubu mrtvých básníků* (1989) reaguje na Pritchardovu „vědeckou metodu hodnocení poezie“.

Keatingova reakce: "Excrement!"

Učitel John Keating (Robin Williams) po dočtení tohoto textu reaguje slavnou větou:

"Excrement! (Výkaly!) Pánové, říkám vám co, netrhejte jen tu stránku — vytrhněte celý úvod. Chci, aby byl pryč, historie. Nezanechte z toho nic. Vytrhnout! Vytrhnout!"

— John Keating — *Klub mrtvých básníků*

ose grafu a její velikost na vertikální ose, pak výpočet celkové plochy básně dává míru její velikosti." [22]

Pritchard pokračuje: "Sonet od Byrona může mít vysoké skóre na vertikální ose, ale jen průměrné na horizontální. Shakespearův sonet by naopak měl vysoké skóre jak horizontálně, tak vertikálně, čímž by se odhalila obrovská celková plocha a prokázala skutečná velikost básně." [22][23]



Obr. II.2 — Keating demonstruje, že lineární myšlení spoléhající na ustálené vzory ztěžuje adaptaci na nové okolnosti.

Keating pokračuje:

"Nečteme a nepíšeme poezii, protože je to roztomilé. Čteme a píšeme poezii, protože jsme členové lidské rasy. A lidská rasa je plná vášně. Medicína, právo, byznys, inženýrství — to jsou ušlechtilá povolání a nezbytná k udržení života. Ale poezie, krása, romance, láska — to je, proč zůstáváme naživu."

— John Keating — Klub mrtvých básníků

Dva světy poznání

Keatingova scéna ilustruje klíčové rozlišení mezi dvěma různými druhy poznání:

Svět 1: Subjektivní hodnoty a estetický prožitek

Umění, poezie, hudba, filmové preference. Záležitosti chuti, pocitu, estetiky. Tady platí názor — každý může mít legitimně odlišný pocit z díla. Není "správná" odpověď na otázku "Je tento obraz krásný?" Diskuse, pluralita názorů, absence jediné pravdy.

Svět 2: Empiricky ověřitelné fakty

Fyzika, chemie, medicína, matematika. Tvzení, která lze testovat, měřit a falzifikovat. Tady názor NEMÁ stejnou váhu jako důkaz. Pythagorova věta platí bez ohledu na to, co si myslíme. Tvar Země není otázkou názoru, ale měření.

Karl Popper a falzifikovatelnost

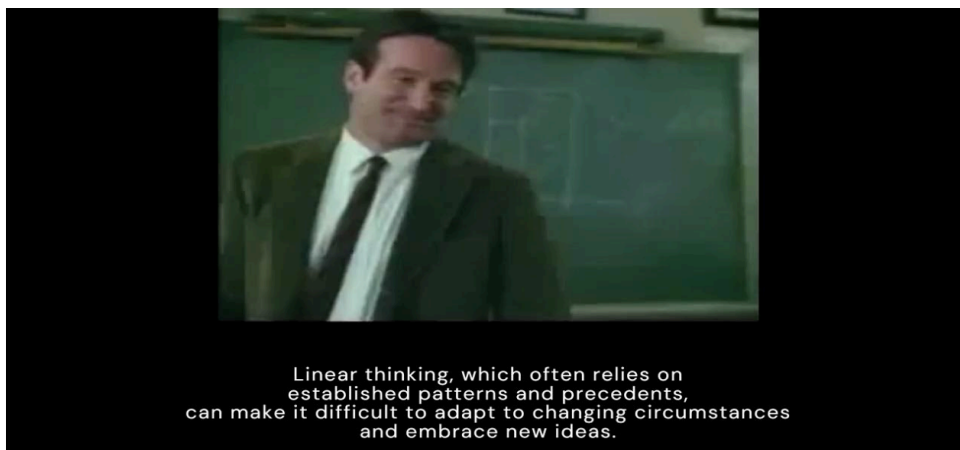
Filosof vědy Karl Popper definoval falzifikovatelnost jako kritérium odlišení vědy od ne-vědy:

"Aby bylo tvrzení vědecké, musí být možné ho vyvrátit pozorováním nebo experimentem."

— Karl Popper — Logika vědeckého zkoumání

Vědecká teorie není "pravdivá" v absolutním smyslu, ale je prozatímně přijatá, dokud není vyvrácena. Klíčové je, že ji lze testovat:

- "Země je placatá" — falzifikovatelné (a vyvrácené měřeními, fotografiemi z vesmíru)
- "Vakcíny obsahují čipy" — falzifikovatelné (a vyvrácené laboratorní analýzou)
- "Gravitace zrychluje tělesa konstantně" — falzifikovatelné (testováno tisíckrát)



Keatingova reakce: "Excrement!"

Učitel John Keating (Robin Williams) po dočtení tohoto textu reaguje slavnou větou:

"Excrement!" (Výkaly!)[23][24]

Obr. II.3 — Keating a studenti: "O já! Ó život! ... Jaký bude tvůj verš?" (Walt Whitman, citovaný Keatingem)

Proč je to důležité?

Mnozí lidé nechápu rozdíl mezi těmito dvěma světy. Výsledkem je záměna subjektivních pocitů za empirické argumenty:

Problém	Subjektivní pocit	Empirický fakt	Důsledek
Názor vs. Fakt	„Na můj názor je Země placatá“	„Měření ukazují kulovitý tvar“	Názor má nulovou váhu vůči důkazům
Estetická averze ke statistice	„Nemám rád vakcíny“	„Vakcíny snižují úmrtnost o X %“	Pocitem nelze vyvrátit statistiku
Ignorování falsifikace	„Absence důkazů = důkaz spiknutí“	Vědecká tvrzení jsou otevřená falsifikaci	Pseudověda se brání testování

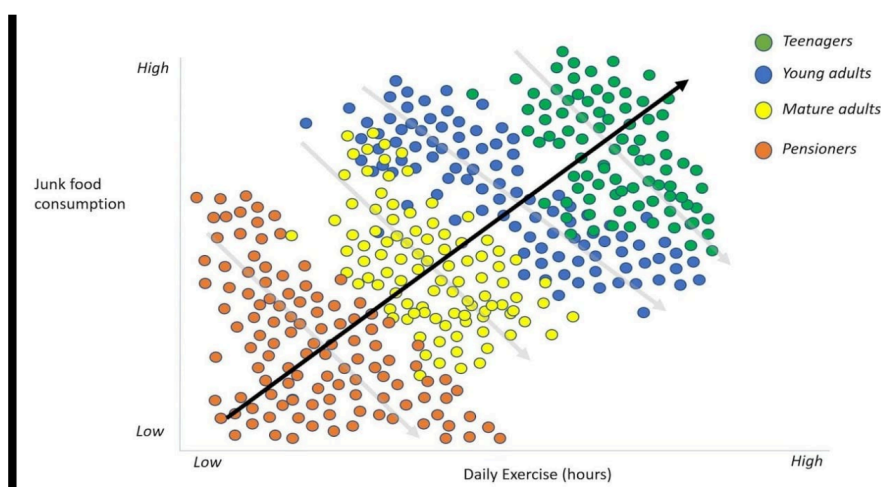
Důsledky nerozlišení

Názor na jednotky → Mars Climate Orbiter ztracen. Intuice o bezpečnosti softwaru → Therac-25 zabíjí pacienty. Manažerský odhad rizika → Challenger exploduje. Autorita doktorů legitimizuje kouření → cigarety zabíjejí miliony. Poezii nelze změřit grafem. Ale gravitaci, úmrtnost a tvar planety ANO.

III — Simpson's Paradox: Když agregovaná data lžou

Klíčová otázka: Jak může být trend pozitivní ve všech skupinách, ale negativní po sloučení dat?

Jak může být trend pozitivní ve všech skupinách, ale negativní po sloučení dat?



Obr. III.1 — Klasický příklad Simpson's Paradoxu: celková (agregovaná) přímka stoupá, ale každá věková skupina zvlášť klesá. Confounding proměnná: věk ovlivňuje jak cvičení, tak konzumaci junk food.

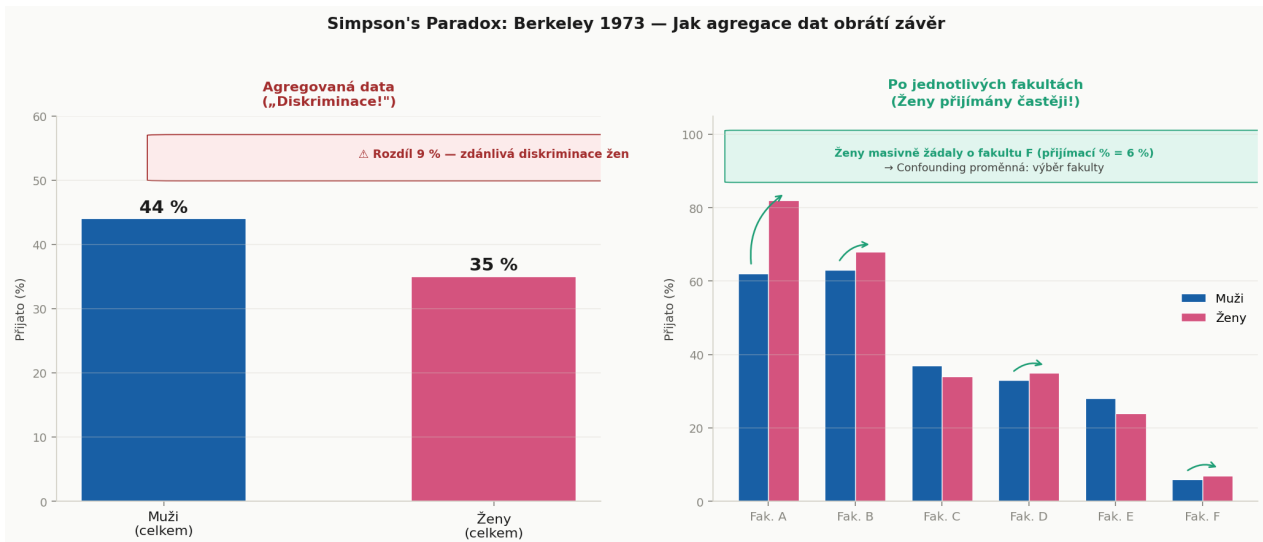
Simpson's Paradox nastává, když trend pozorovaný v několika skupinách dat **zmizí nebo se obrátí**, když jsou skupiny sloučeny dohromady. Jde o statistický fenomén, který může vést k paradoxním závěrům.

Není to vždy paradox

Allen Downey upozorňuje: ne každá změna trendu při agregaci je skutečný Simpson's Paradox. Musí být přítomny: (1) rozdílné složení podskupin, (2) confounding proměnná — třetí faktor ovlivňující obě proměnné, (3) reversal efektu — trend se skutečně obrátí, ne jen zeslabí.

UC Berkeley přijímací řízení 1973

Agregovaná čísla: muži přijati v **44 %**, ženy v **35 %**. Rozdíl byl statisticky velmi významný ($p \approx 10^{-26}$) a Berkeley čelila žalobě za genderovou diskriminaci.



Obr. III.2 — Berkeley data: agregovaná čísla naznačují diskriminaci žen (vlevo), ale po rozložení na fakulty (vpravo) jsou ženy přijímány s vyšší nebo srovnatelnou mírou. Confounding: ženy žádaly o konkurenčnější fakulty.

Když statistici prozkoumali fakulty samostatně, ve většině fakult byl mírný bias **ve prospěch žen**. Paradox vznikl, protože ženy masivně žádaly o fakultu F s přijímacím procentem jen 6 %.

Fakulta	Muži přijati	Ženy přijaty	Bias
A	62 %	82 %	→ Ženy
B	63 %	68 %	→ Ženy
C	37 %	34 %	≈ Srovnatelné
D	33 %	35 %	→ Ženy
E	28 %	24 %	← Muži
F	6 %	7 %	→ Ženy

Léčba ledvinových kamenů

Velikost	Otevřená chirurgie	Perkutánní
Malé (< 2 cm)	93 % (81/87)	87 % (234/270)
Velké (≥ 2 cm)	73 % (192/263)	69 % (55/80)
CELKEM	78 % (273/350)	83 % ← ZAVÁDĚJÍCÍ

IV – Monty Hall Problem: Proč byste měli přepnout dveře

Jste v televizní show. Před vámi jsou **tři dveře**. Za jedněmi je auto, za dvěma kozy. Vyberete jednu dveře. Moderátor Monty Hall, který ví, *kde je auto*, otevře jiné dveře s kozou a zeptá se: „Chcete přepnout?“



Obr. IV.1 — Situace: dveře č. 1 (vaše volba), dveře č. 2 (?), dveře č. 3 (Monty otevřel — koza). Přepnout na č. 2, nebo zůstat?

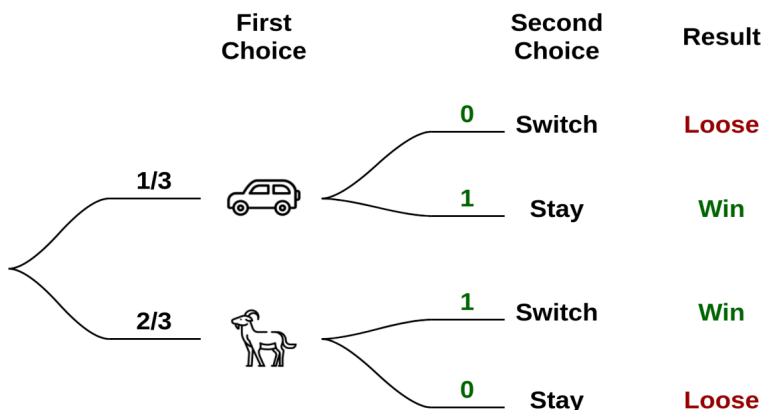
↳ Zastavte se — než čtete dál

Zamyslete se: měli byste přepnout? Většina lidí intuitivně říká, že na tom nezáleží — šance jsou teď 50/50. Ale matematika říká něco jiného.

ANO, měli byste přepnout. Přepnutím **zdvojnásobíte** svou šanci na výhru — z $1/3$ na $2/3$.

přepnout uvere

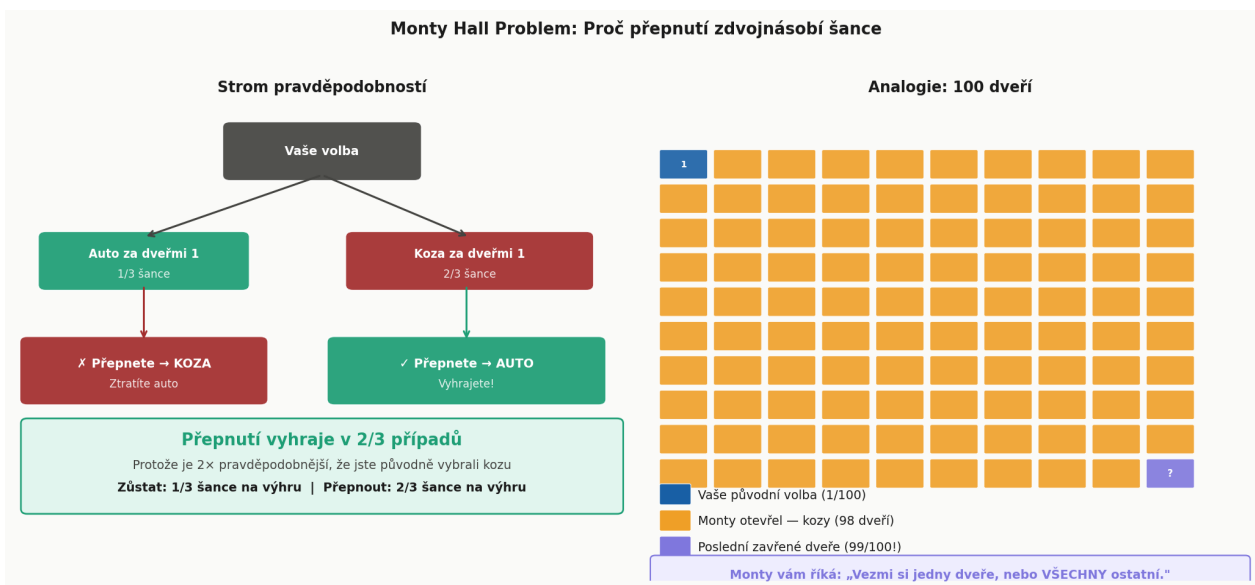
Měli byste přepnout na jiné dveře, když moderátor otevře jednu s kozou?



Obr. IV.2 — Strom pravděpodobností: Switch = přepnutí, Stay = zůstat. Přepnutí vyhraje ve 2/3 případech, protože je 2× pravděpodobnější, že jste původně vybrali kozu.

Proč to funguje?

- Vaše původní volba: 1/3 šance na auto, 2/3 šance na kozu
- Monty ví, kde je auto — záměrně otevírá dveře s kozou
- Pokud jste původně vybrali kozu (2/3): přepnutí → auto
- Pokud jste původně vybrali auto (1/3): přepnutí → koza
- Protože je 2× pravděpodobnější, že jste vybrali kozu → přepněte!



Obr. IV.3 — Analogie 100 dveří: Monty otevře 98 dveří s kozami. Poslední zbývající dveře mají 99/100 pravděpodobnost. Monty vám říká: „Vezmi jednu dveře, nebo VŠECHNY ostatní.“

Ověření simulací: 100 000 her, vždy přepnout: ~66 666 výher (66,7 %) 100 000 her, nikdy nepřepnout: ~33 333 výher (33,3 %) Číslo neklamou – i když intuice ano.

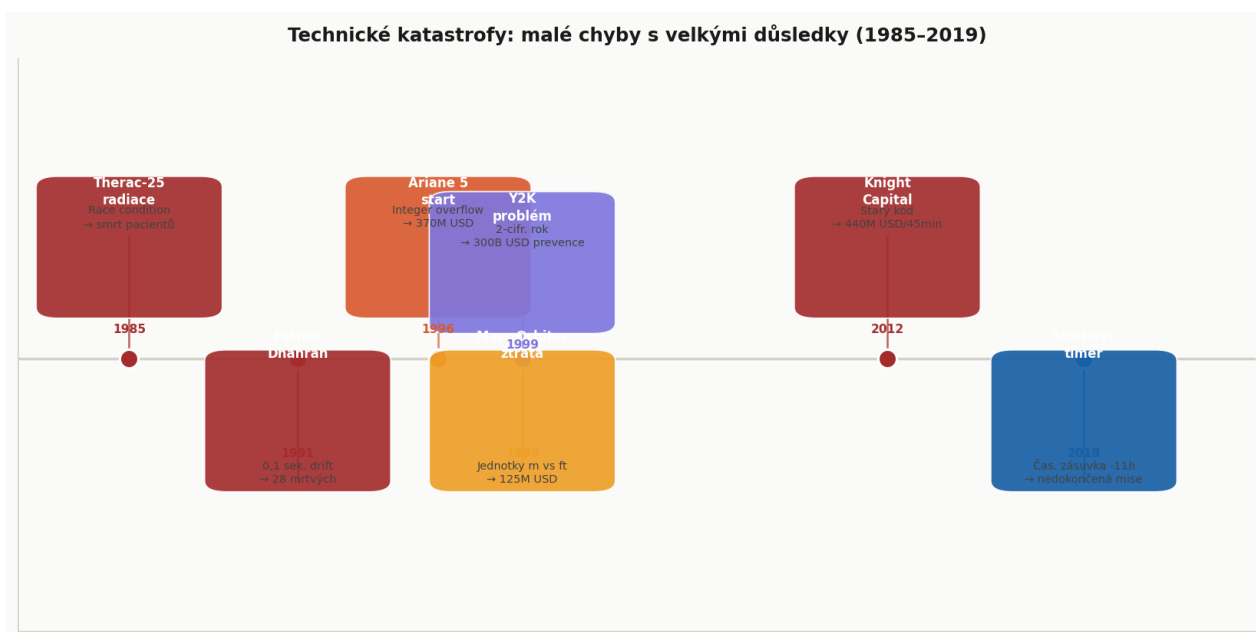
Marilyn vos Savant odpověděla správně v magazínu Parade v roce 1990 a dostala tisíce protestních dopisů od lidí včetně matematiků, kteří ji opravovali. Všichni se mýlili.

V — Entropie: Zákon rozbitosti

$$S = k \cdot \ln(W) \text{ Boltzmannův vztah pro entropii}$$

Boltzmannův vztah nám říká, že každý systém přirozeně směřuje k vyšší neuspořádanosti. Bez aktivního designu a neustálé údržby se vše spontánně posouvá k větší *rozbitosti*. Chyby se nehromadí náhodně. Hromadí se systematicky, pokud je aktivně nevyhledáváme.

VI — Technické katastrofy: Kdy se malé chyby stanou fatálními

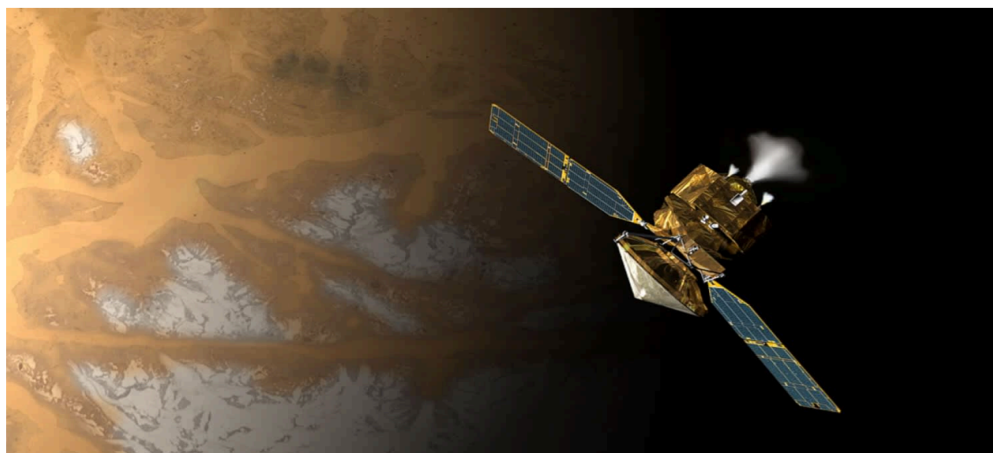


Obr. VI.1 — Timeline technických katastrof (1985-2019): každá způsobena jednou zdánlivě malou chybou.

Případ	Co se stalo	Důsledek
Mars Climate Orbiter (1999)	Imperiální vs. metrické jednotky — sonda shořela v atmosféře	125 mil. USD
Boeing Starliner (2019)	Mission Elapsed Timer -11 hodin — bez paliva na ISS	Mise přerušena
Therac-25 (1985-87)	Race condition — stonásobná dávka radiace	Smrt, těžká zranění
Patriot (1991)	Drift 0,34 s po 100 hodinách — Scud mimo radar	28 mrtvých vojáků
Ariane 5 (1996)	Integer overflow — raketa zničena po 37 s	370 mil. USD
Knight Capital (2012)	Starý kód na 1 ze 8 serverů — 45 minut chaosu	440 mil. USD

Mars Climate Orbiter: Ztracen v překladu

Proč sonda za 125 milionů dolarů shořela v marsovské atmosféře?



Obr. VI.2 — Mars Climate Orbiter (vizualizace NASA). Sonda shořela, protože dva týmy používaly různé jednotky sil.

Lockheed Martin dodával navigační data v imperiálních jednotkách (lbf·s), zatímco JPL je interpretoval jako metrické (N·s). Po devíti měsících cesty se systematické podhodnocování malých změn rychlosti nastřádalo do kritického rozdílu: plánovaný periapsis ~226 km vs. skutečný ~57 km. Sonda shořela. **NASA Mishap Investigation Board** konstatoval: skutečná choroba byla slabá kontrola rozhraní a chybějící end-to-end test.

Boeing Starliner: Časovač o 11 hodin vedle

Proč loď pro astronauty nedokázala doletět k ISS?

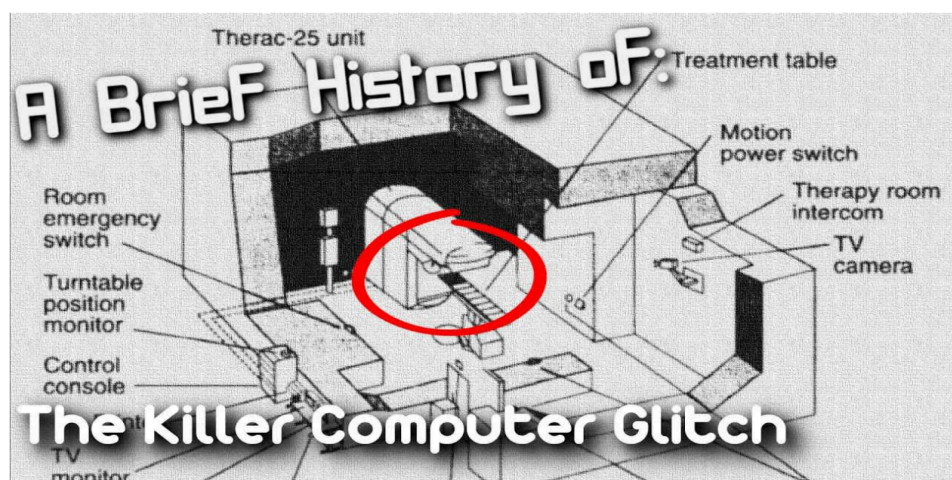


Obr. VI.3 — Boeing Starliner před testem. Bug vznikl na rozhraní mezi lodí a raketou Atlas V — obě strany hovořily o jiném „T0“ (čase startu).

Mission Elapsed Timer byl nastaven o ~11 hodin špatně. Loď si myslela, že je v jiné fázi mise, a místo zážehu pro oběžnou dráhu plýtvala palivem na chaotické korekce. Nezbylo dost paliva na rendezvous s ISS.

Therac-25: Když software zabíjí

Co se stane, když odstraníte hardwarové pojistky a spoléháte jen na software?



Obr. VI.4 — Therac-25: diagram ozařovacího přístroje. "A Brief History of: The Killer Computer Glitch."

Přístroj trpěl race condition — chybou v časování událostí v paralelním zpracování. Pokud operátor rychle zadal sekvenci příkazů, software dodal pacientům **stonásobnou dávku radiace**. Pacienti popisovali pocit jako „intenzivní elektrický šok". Několik z nich zemřelo.

Lekce z Theracu-25

Kritické systémy nesmí spoléhat výhradně na software. Hardwarové pojistky fungují jako poslední záchranná síť. Předchozí Therac-20 měl hardwarové jistky — Therac-25 je odstranil jako „zbytečné".

Patriot: Kumulace mikroskopické chyby

Jak může chyba 0,000000095 sekundy zabít 28 vojáků?



Obr. VI.5 — Raketový systém Patriot. Systém počítal čas v 24-bit fixed-point registru s konstantou 0,1, která má nekonečný binární rozvoj.

Číslo 0,1 má v binárním zápisu nekonečný rozvoj — hodnota byla useknutá. Chyba $\sim 0,000000095$ s v jednom kroku se za 100 hodin sečetla na $\sim 0,34$ s. Scud letí $\sim 1\,676$ m/s \rightarrow za 0,34 s je o 500 m jinde — mimo range gate radaru. **Výsledek: 28 mrtvých amerických vojáků** v Dhahránu.

Ariane 5: Reuse bez kontextu

Proč raketa za 370 milionů dolarů explodovala po 37 sekundách?



Obr. VI.6 — Ariane 5 při letu V88 (4. 6. 1996): autodestrukce 37 sekund po startu kvůli integer overflow v guidance softwaru.

Ariane 5 převzala software z Ariane 4, který předpokládal nižší horizontální rychlosti. Hodnota rychlosti se nevešla do 16-bit signed integer → overflow → guidance se ukončil → nekontrolovaný náklon → autodestrukce. **Problém nebyla kvalita původního kódu, ale absence nové analýzy rozsahů při použití v jiném kontextu.**

Knicht Capital: 45 minut chaosu

Jak může jeden server s neaktualizovaným softwarem zničit firmu?

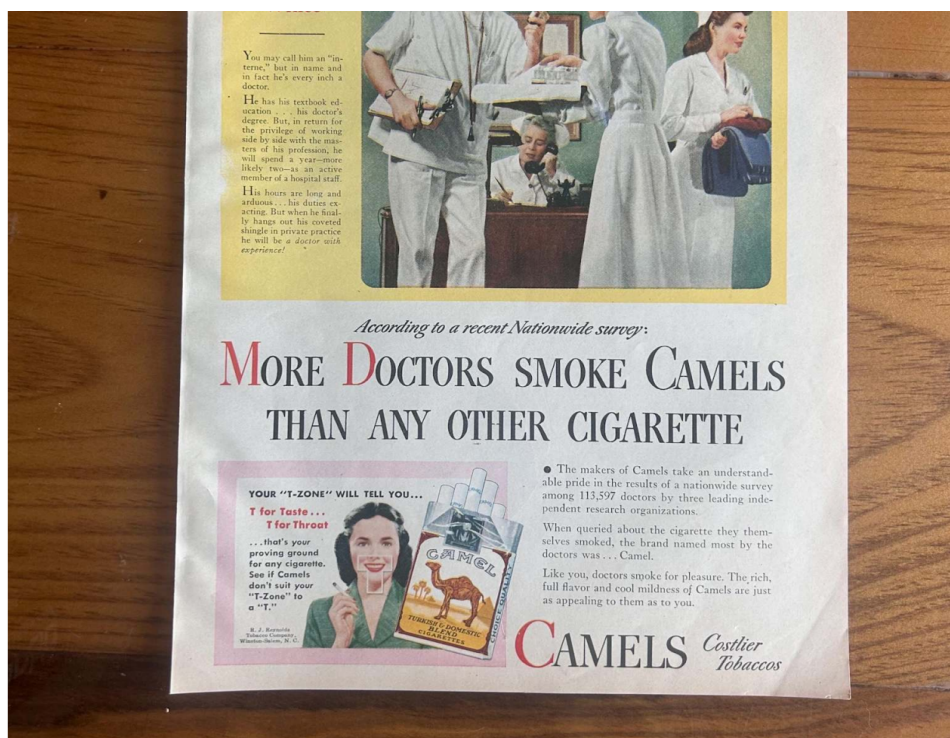


Obr. VI.7 — Burza NYSE. Knight Capital byl jedním z největších market makerů — jeden nepovýšený server stál firmu existenci.

V srpnu 2012 byl nový obchodní software nasazen na 8 serverů, ale na jednom zůstala stará verze s „mrtvou“ funkcí. Po otevření burzy systém generoval chybné příkazy ve ~150 akciích. Za 45 minut: ztráta **440 milionů dolarů**. Firma téměř zkrachovala a musela být zachráněna externími investory.

VII – Lékaři a cigarety: Instituční omyl

Proč doktoři doporučovali kouření a „léčivé“ cigarety na astma?

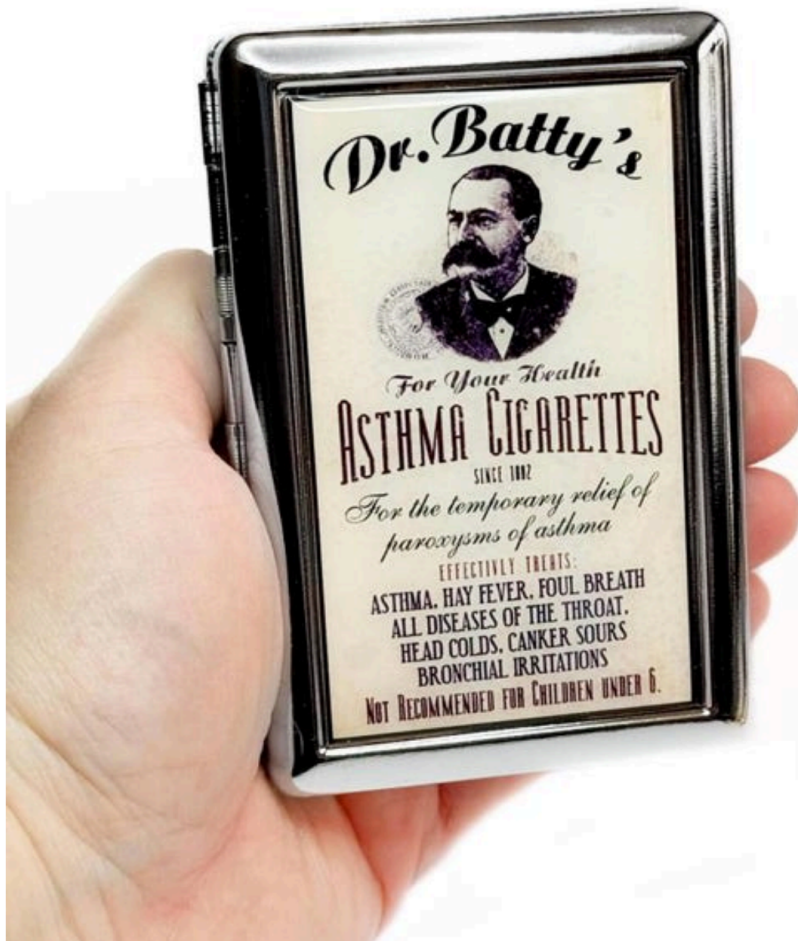


V 40. a 50. letech 20. století probíhala rozsáhlá kampaň tabákového průmyslu s heslem „**More Doctors Smoke Camels than Any Other Cigarette**“[\[17\]](#)[\[18\]](#). Reklamy tvrdily, že průzkum mezi **113 597 lékaři** ukázal preferenci značky Camel[\[17\]](#).

Obr. VII.1 — Reklamní kampaň „More Doctors Smoke Camels than Any Other Cigarette“. Průzkum 113 597 lékařů byl použit k legitimizaci kouření.

V 40. a 50. letech 20. století probíhala rozsáhlá kampaň tabákového průmyslu. Reklamy tvrdily, že průzkum mezi 113 597 lékaři ukázal preferenci značky Camel. Cílem bylo využít autoritu lékařské profese k legitimizaci kouření.

„Léčivé“ cigarety



Obr. VII.2 — Dr. Batty's Asthma Cigarettes: "For Your Health". Propagovány pro úlevu od astmatu, kašle, bronchitidy. "Not Recommended for Children Under 6."

Zároveň existovaly tzv. „medicinal cigarettes“ — Dr. Batty's Asthma Cigarettes — propagované pro úlevu od astmatu, kašle a bronchitidy. Balení obsahovalo označení „For Your Health“.

Realita

Cigarety způsobují rakovinu plic, kardiovaskulární nemoci a CHOPN. Marketing 40. a 50. let nebyl založen na vědě, ale na manipulaci s důvěrou veřejnosti v lékařskou autoritu. Lekce: odborná autorita není zárukou vědecké pravdy — vždy sledujte, kdo výzkum financoval.

VIII — Feynman a Challenger: Fyzika proti papírování

Jak jednoduchý experiment se sklenicí ledové vody odhalil pravdu o katastrofě?



Obr. VIII.1 — Richard Feynman při slyšení komise (1986). Drží vzorek O-kroužku po ponoření do ledové vody.

28. ledna 1986 vybuchla raketoplán Challenger 73 sekund po startu — zemřelo všech sedm členů posádky. Fyzik **Richard Feynman** byl přizván do vyšetřovací komise prezidentem Reaganem.

O-kroužky a teplota

Feynman identifikoval problém: **gumové O-kroužky** těsnící spoje pevných raketových urychlovačů selhávaly v chladném počasí. Inženýři Morton Thiokol *prosili manažery*, aby nespouštěli při teplotě pod 53 °F (12 °C). Management rozhodl spustit přesto — teplota při startu byla **32 °F (0 °C)**.

Demonstrace ledové vody

- Požádal o sklenici ledové vody (32 °F / 0 °C)
- Vzal vzorek O-kroužku a stlačil ho svěrkou
- Ponořil ho do ledové vody
- Po uvolnění svěrky guma nezískala zpět pružnost — zůstala stlačená

"Věřím, že to má nějaký význam pro náš problém."

— Richard Feynman, slyšení komise, 1986

NASA tvrdila: pravděpodobnost selhání = 1 : 100 000 Feynman zjistil: reálná pravděpodobnost = 1 : 100 Rozdíl: 1 000×

"Nature cannot be fooled."

— Richard Feynman — závěr vyšetřovací zprávy Challenger

Přírodu nelze oklamat. Fyzikální realita nerespektuje PowerPointové prezentace ani organizační hierarchie. Feynmanův případ je učebnicovým příkladem, jak hierarchický tlak a groupthink potlačí varovné signály expertů.

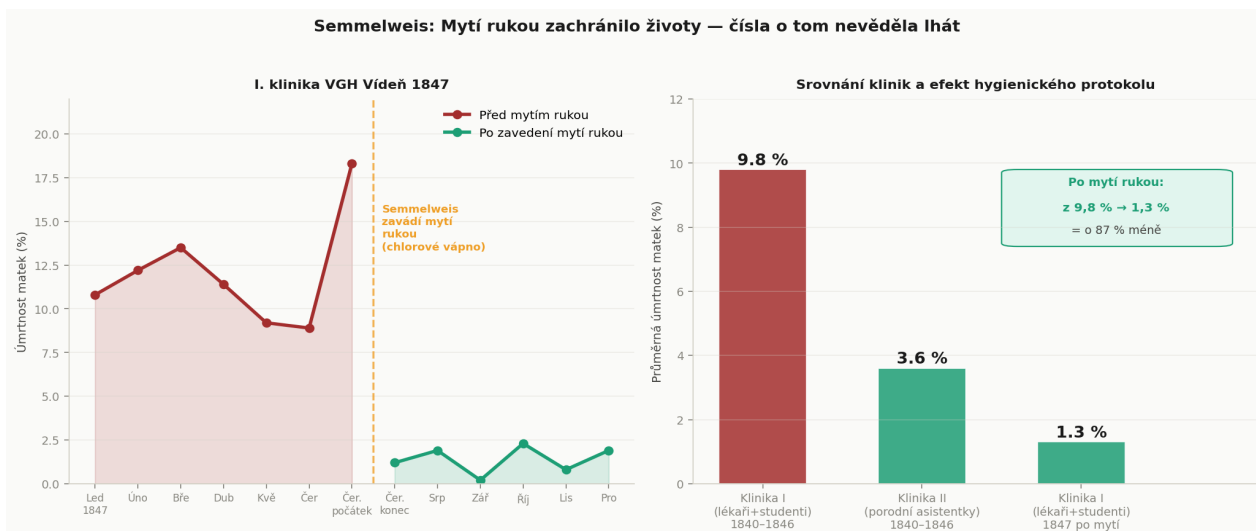
IX – Semmelweis: Zachránce matek, kterého nikdo neposlouchal

Klíčová otázka: Jak je možné, že lékař dokáže prokázat, že mytí rukou zachraňuje životy — a nikdo ho neposlouchá?

Ve Vídni roku 1846 pracoval maďarský porodník **Ignaz Philipp Semmelweis** (1818–1865) na I. porodnické klinice Všeobecné nemocnice. Situace byla alarmující: každá desátá rodička zemřela na horečku omladnic (sepsi po porodu). Na sousední II. klinice, kde pracovaly pouze porodní asistentky, bylo to jen každá třicátá.

Záhadný rozdíl v číslech

I. klinika (lékaři + studenti): 9–18 % přtnost matek II. klinika (porodní asistentky): 3,6 %
průměrně Lékaři se pokoušeli vysvětlit rozdíl polohou lůžek, věkem, stravou, atmosférou, dokonce tím, že kněz na II. klinice nechodil kolem lůžek a nezvonil zvonečkem (Semmelweis nechal kněze změnit trasu — bez efektu).



Obr. IX.1 — Vlevo: průběh úmrtí na I. klinice VGH Vídeň 1847 — dramatický pád po zavedení mytí rukou v chlorovém vápnu. Vpravo: srovnání obou klinik a efekt protokolu.

Klíčový objev: smrt přítele

V roce 1847 zemřel Semmelweisův přítel a kolega Jakob Kolletschka — poté, co ho student omylem píchl skalpelem při pitvě. Pitevní nález byl totožný s nálezem u žen zemřelých na horečku omladnic. Semmelweis okamžitě pochopil: **studenti chodili přímo z pitevně k rodičkám — bez mytí rukou.** Porodní asistentky pitvy neprováděly.

Semmelweis zavedl povinné mytí rukou v chlorovém vápnu před každým kontaktem s rodičkou. Výsledek byl dramatický — viz graf nahoře. Úmrtí klesla z 18 % v červnu 1847 na 1,2 % v červenci.

Proč ho nikdo neposlouchal?

Kolegové Semmelweisův objev odmítali z několika důvodů. Zaprvé, neexistovala ještě teorie zárodků (Pasteur ji formuloval až 1861–1864) — Semmelweis hovořil o neurčitých "kadaverozních částicích", což znělo nevědecky. Zadruhé, lékaři se cítili uraženi: implikace byla, že oni sami zabíjejí své pacientky. Zatřetí, Semmelweis nepublikoval výsledky do roku 1861 a choval se stále agresivněji, psal otevřené dopisy plné obvinění.

"Na mém svědomí leží, že tisíce matek a novorozenců zemřely — životy, které mohly být zachráněny. Zabíjení musí skončit, a aby skončilo, budu bdít jako strážce. Kdo si troufne šířit nebezpečné doktríny o horečce omladnic, najde ve mně rozhodného odpůrce."

— Ignaz Semmelweis — otevřený dopis lékařské komunitě, 1862

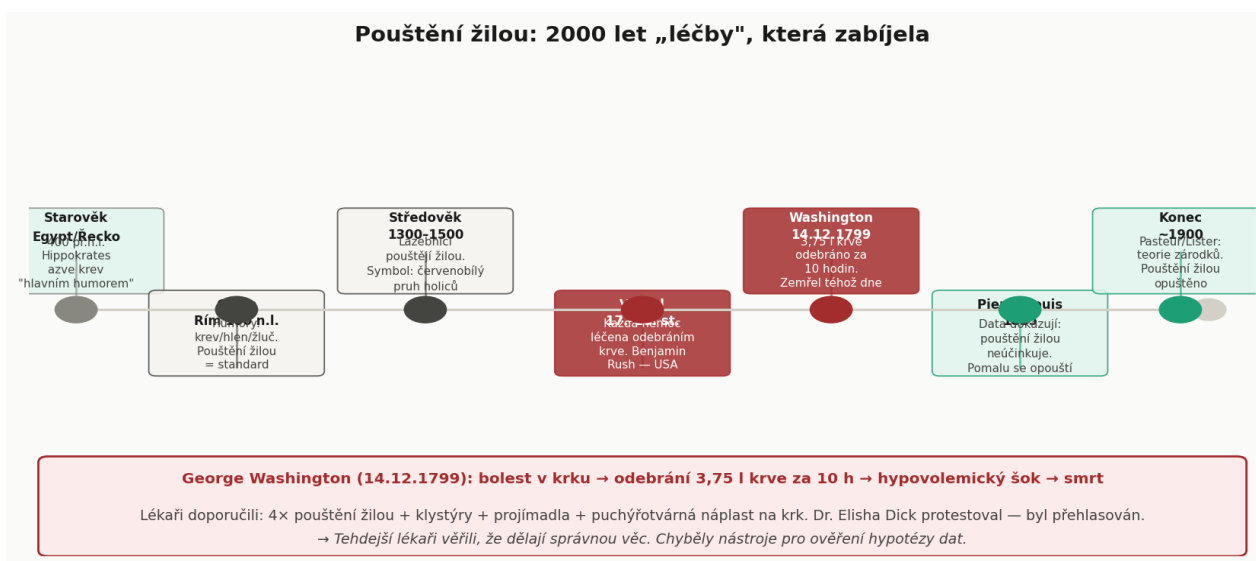
V roce 1865 byl Semmelweis přijat do ústavu pro choromyslné — zřejmě trpěl těžkou depresí. Zemřel tam po 14 dnech na infekci rány, pravděpodobně způsobenou ranami od hlídačů. Byl mu 47 let. Nikdy se nedožil uznání, které si zasloužil. Dnes je nazýván "Zachráncem matek" a je považován za zakladatele kontroly infekcí.

Semmelweisův reflex

Tento případ dal název "Semmelweisovu reflexu" — tendenci odmítat nové poznatky, které ohrožují zavedené paradigma nebo náš obraz sebe sama. Dnes jeho odkaz žije v každém dispenzáru s dezinfekčním gelem u nemocničního lůžka.

X — Pouštění žilou: 2000 let léčby, která zabíjela

Klíčová otázka: Jak bylo možné, že vzdělaní lékaři po dva tisíce let léčili nemocné odebíráním krve — a věřili, že pomáhají?



Obr. X.1 — Timeline pouštění žilou od starověku po 19. století. Každá epizoda červeně = praxe, kde chyběla validace dat. George Washington jako symbolická oběť "nejlepší péče" roku 1799.

Čtyři humory a logika bez dat

Pouštění žilou (flebotomie) vycházelo z humorální teorie: tělo ovládají čtyři tekutiny — krev, hlen, žlutá žluč a černá žluč. Nemoc = nerovnováha. Léčba = obnovení rovnováhy odebráním přebytku. Teorie měla vnitřní logiku a autoritu: formuloval ji Hippokrates, rozvinul Galén. Lékaři věřili, že dělají správnou věc — chyběly jim nástroje pro sběr a vyhodnocení dat.

George Washington: smrt prvního prezidenta USA

George Washington se 12. prosince 1799 namočil a nastydl. Druhý den ráno nemohl dýchat — zánět hrtanu. Přivolání lékaři postupovali podle tehdejšího standardu péče:

Čas	Zárok	Krev odebrána
7:30	1. pouštění žilou — Rawlins	~420 ml
9:30	2. pouštění žilou — Dr. Craik	~530 ml
11:00	3. pouštění žilou — Dr. Craik	~480 ml
16:00	4. pouštění žilou — všichni 3 lékaři	~950 ml
CELKEM	za 10 hodin + klystýry + puchýřová náplast na krk + emetika	3,75 l (> 50 % celkového objemu)

""Nebojte se. Otvor není dost velký. Víc, víc.""

— George Washington — povzbuzoval svého ošetřovatele při prvním pouštění žilou

Dr. Elisha Dick protestoval proti nadměrnému pouštění žilou a navrhoval tracheotomii — byl přehlasován staršími kolegy. Washington zemřel téhož večera. Dnes se soudí, že pravděpodobnou příčinou smrti byl hypovolemický šok způsobený ztrátou více než poloviny objemu krve.

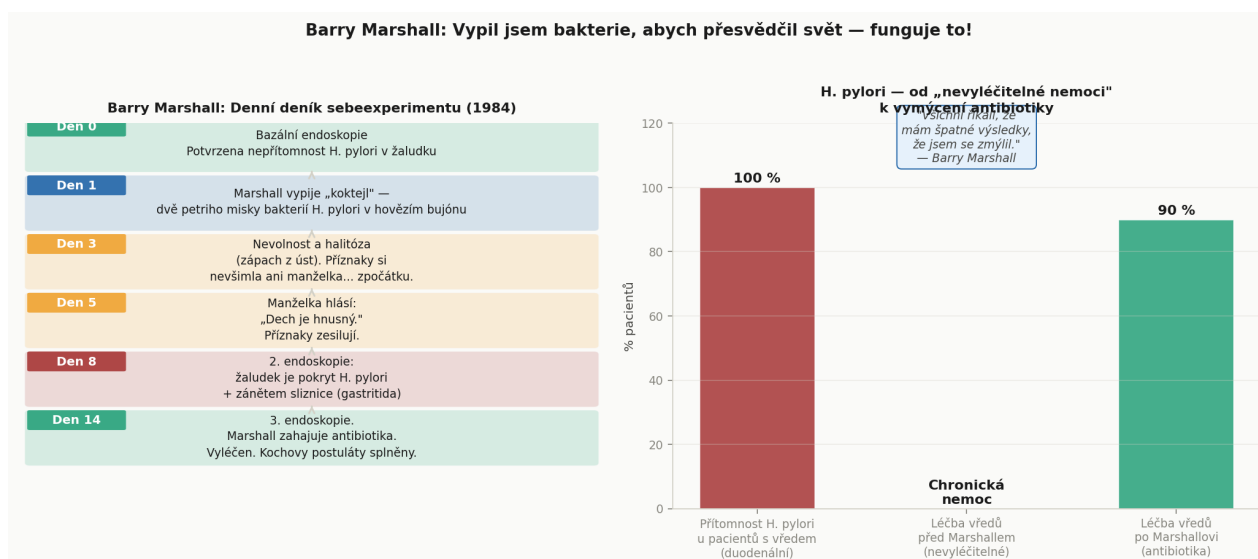
Lekce: Jak lékaři "věděli"?

Pierre Louis v roce 1835 jako jeden z prvních systematicky sbíral data o výsledcích pacientů a prokázal, že pouštění žilou neúčinkuje. Byl to průkopník "evidence-based medicine" — medicíny založené na důkazech. Tehdejší lékaři nebyli hloupí. Pracovali bez statistiky, bez kontrolních skupin a bez pochopení role zárodků. Věřili tomu, co jim říkala 2000 let stará autorita.

XI – Barry Marshall: Vypil jsem bakterie, abych přesvědčil svět

Klíčová otázka: Jak prokázat, že bakterie způsobuje vředy — když vám nikdo nevěří a zvířecí modely nefungují?

V roce 1982 se australský lékař Barry Marshall (nar. 1951) setkal s patologem Robinem Warrenem, který v biopsiích žaludků pacientů s gastritidou opakovaně nacházel spirální bakterie. Tehdejší dogma bylo neochvějné: **vředy způsobuje stres, kořeněná jídla a nadbytek kyseliny**. V kyselém prostředí žaludku žádná bakterie přece přežít nemůže.



Obr. XI.1 — Vlevo: denní deník Marshallova sebeexperimentu (1984). Vpravo: výsledky — 100 % pacientů s duodenálním vředem mělo H. pylori, antibiotika vyléčila 90 % vředů.

Sebeexperiment: pondělí 2. července 1984

Marshall se neúspěšně pokoušel vytvořit zvířecí model (prasata H. pylori nebrala). Rozhodl se pro sebeexperiment. Bez vědomí vedení nemocnice a manželky si nechal provést vstupní endoskopii (negativní výsledek na H. pylori) a připravil si "koktejl" — obsah dvou petriho misek v hovězím bujónu.

"Vypil jsem to rychle, jako panáka. Kdybych věděl, že lidi budou tak zvědaví, udělal bych fotku!"

— Barry Marshall — Nobelova přednáška, 2005

Za tři dny: nevolnost a zápach z úst. Za pět dní manželka hlásí "dech je hnusný". Za osm dní: druhá endoskopie potvrdila masivní gastritidu a kolonizaci H. pylori. Marshall tím splnil Kochovy postuláty — klasický důkaz příčinnosti. Za 14 dní zahájil antibiotika a vyléčil se.

Reakce vědecké komunity

"Nikdo mi nevěřil." Marshall prezentoval výsledky na konferenci Royal Australian College of Physicians v roce 1983. Gastroenterologové vstali a říkali: "Barry, vředy přece nemají gastritidu..." Lékařský časopis Lancet měl problém najít recenzenty ochotné paper ohodnotit jako dostatečně zajímavý pro publikaci. V roce 1994 NIH (National Institutes of Health, USA) konečně vydal stanovisko: H. pylori je klíčem k léčbě vředů. Antibiotika + inhibitory kyseliny = vyléčení.

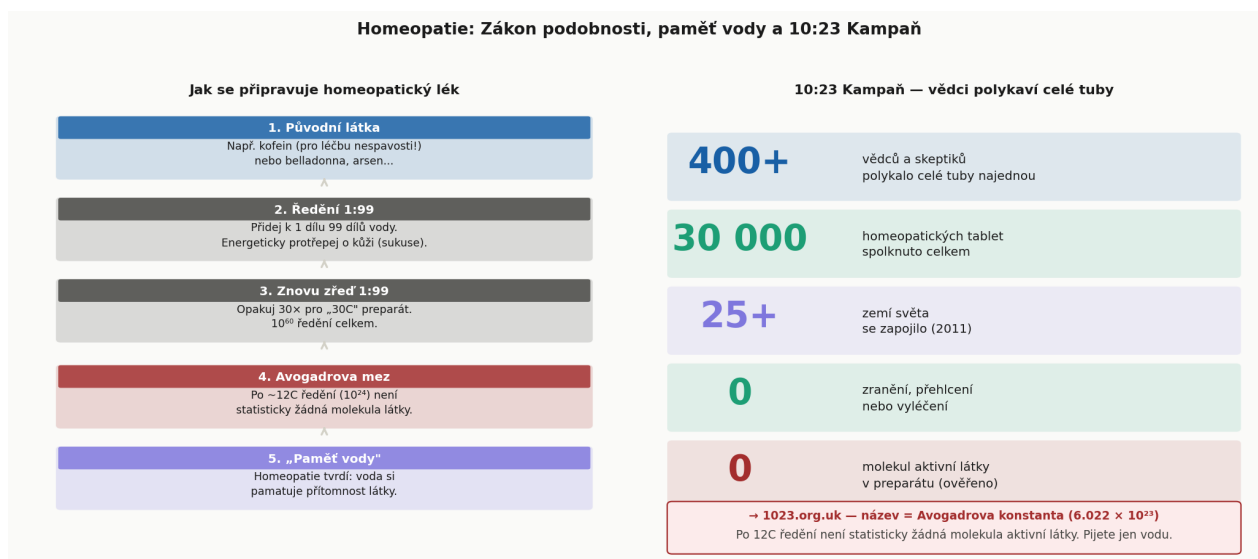
V roce 2005 obdrželi Barry Marshall a Robin Warren **Nobelovu cenu za fyziologii a medicínu**. Ve své přednášce Marshall řekl: "Čekal jsem na tento den 10 let." Dnes je H. pylori nejrozšířenější chronickou infekcí světa — postihuje ~50 % lidské populace. Vředy se léčí antibiotiky.

XII – Homeopatie: Proč voda nemá paměť a co je 10:23 Kampaň

Klíčová otázka: Jak může ředění $10^{60} \times$ léčit nemoci, když v přípravku není statisticky ani jedna molekula aktivní látky?

Co je homeopatie

Samuel Hahnemann (1755–1843) formuloval dva principy homeopatie. Zákon podobnosti: "podobné léčí podobné" — látka způsobující příznaky u zdravého člověka je v malém množství léčí u nemocného. Zákon potencování: čím víc se látka zředí a "protřepe", tím je silnější. Standardní homeopatický preparát "30C" byl zředěn 10^{60} krát — to je číslo se 60 nulami.



Obr. XII.1 — Vlevo: postup přípravy homeopatického preparátu a Avogadrova mez. Vpravo: statistika 10:23 Kampaně (2010–2011).

Avogadrova konstanta: klíčové číslo

Avogadrova konstanta je $6,022 \times 10^{23}$ — přibližný počet molekul v jednom molu látky. Po $\sim 12C$ ředění (10^{24}) statisticky nezbyvá žádná molekula původní látky. Standardní preparáty "30C" jsou ředěny 10^{60} krát. Pro srovnání: počet atomů v pozorovatelném vesmíru je "jen" přibližně 10^{80} . Aby byl v preparátu alespoň jeden atom aktivní látky, bylo by potřeba vypít množství vody výrazně přesahující objem Slunce.

Proč homeopatie "fungovala" v 19. století

V době Hahnemanna byly alternativou krveprolévání, emetika a sloučeniny rtuti. Homeopatie, jejíž preparáty jsou v podstatě voda nebo cukrové pilulky, pacientům neškodila — a mnoho nemocí se vyléčilo samo (spontánní remise). Ve srovnání s tehdejší "vědeckou" medicínou působila homeopatie blahodárně. Dnes víme, že efekty jsou vysvětlitelné placebo efektem, spontánní remisí a regresí k průměru.

10:23 Kampaň: vědci polykají celé tuby

30. ledna 2010 v 10:23 ráno se na schodech budov po celé Velké Británii sešli skeptici, vědci a lékaři. Každý vzal do ruky celou tubu homeopatického přípravku a spolkl ji najednou. Událost zorganizovala Merseyside Skeptics Society.

"Homeopathy — there is nothing in it."

— 10:23 Kampaň — motto (odkaz: 1023.org.uk)

Název 10:23 odkazuje na Avogadrovu konstantu ($6,022 \times 10^{23}$). Výsledek hromadného "předávkování": nikdo nebyl zraněn, nikdo nebyl vyléčen z ničeho, "nikdo ani neusnul" — přestože jedna skupina polykala v milionkrát vyšší než doporučené dávce prostředek na nespavost. Spolknutých tablet bylo přibližně 30 000. Celkem se zapojilo 400+ lidí ve 25+ zemích.

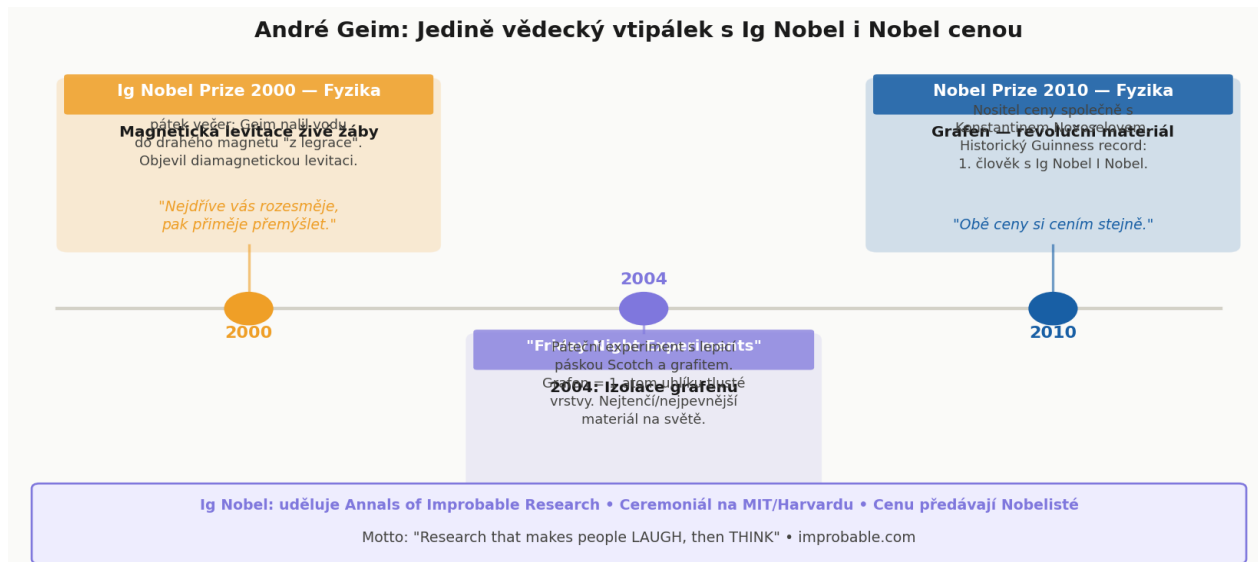
Reakce Nového Zélandu byla mimořádná: po akci Rada homeopatů NZ veřejně přiznala, že v jejich přípravcích není "ani jedna molekula původní látky". Britská národní zdravotní služba (NHS) postupně přestávala homeopatii hradit — do roku 2017 ji přestalo hradit 90 % NHS trustů.

Co na homeopatii říká věda

Cochrane Collaboration — největší databáze vědeckých přehledů v medicíně — analyzovala stovky studií homeopatie. Závěr: preparáty samy o sobě nemají žádný prokázatelný efekt přesahující placebo. Vyšší kvalita studie koreluje s nižším efektem homeopatie. Pozor na riziko: homeopatie je nebezpečná ne sama o sobě, ale tehdy, když pacienti odmítají vědecky ověřenou léčbu ve prospěch cukrové vody.

XIII – André Geim: Z levitující žáby ke grafenu a Nobelově ceně

Klíčová otázka: Jak může vítěz Ig Nobelovy ceny za "vědeckou hloupost" dostat o deset let později Nobelovu cenu za fyziku?



Obr. XIII.1 — Cesta André Geima: Ig Nobel 2000 (levitující žába) → "Páteční experimenty" → Grafen 2004 → Nobel 2010. Jediný člověk na světě s oběma cenami.

Páteční levitující žába (2000)

André Geim (nar. 1958, Rusko) pracoval v laboratoři vysokého magnetického pole v Nijmegen, Nizozemsko. Jednoho pátečního večera rozhodl zapnout drahý elektromagnet na plný výkon a nalít do něj vodu — jen "ze zvědavosti". Voda se stala magneticky odpuzována (diamagnetismus) a vznášela se. Geim pomyslel: pokud voda, proč ne žába? A žábu levitoval.

Za tento experiment obdržel Geim v roce 2000 **Ig Nobelovu cenu za fyziku** (spolu s Michaelem Berrym). Na ceremoniálu na Harvardu, kde mu Nobelisté předávali cenu, seděl v publiku profesor Roy Glauber — pět let poté Glauber sám dostal Nobelovu cenu. Geim o tom říká: "Jsem hrdý na svůj Ig Nobel i svůj smysl pro humor."

Páteční experimenty → grafen (2004)

Geim zavedl ve své laboratoři tradici "Friday Night Experiments" — páteční pokusy s "bláznivými nápady, které pravděpodobně nevyjdou, ale pokud vyjdou, bude to překvapivé." Vyčlenil na ně 10 % laboratorního času. Ze dvou desítek takových experimentů se tři staly hity.

V roce 2004 Geim a jeho student Konstantin Novoselov použili k izolaci grafenu lepicí pásku Scotch a tužkový grafit. Grafen je vrstva uhlíku tlustá jeden atom — nejtenčí, nejpevnější a nejvodivější materiál, jaký kdy byl izolován. Je 200× pevnější než ocel, vede elektrinu lépe než měď.

"Frankly, I value both my Ig Nobel prize and Nobel prize at the same level and for me Ig Nobel prize was the manifestation that I can take jokes, a little bit of self-deprecation always helps."

— André Geim — rozhovor pro Guinness World Records, 2010

Ig Nobelova cena: první se zasmějete, pak se zamyslíte

Ig Nobelovy ceny uděluje od roku 1991 časopis *Annals of Improbable Research*. Ceremoniál se koná na MIT nebo Harvardu — ceny předávají skuteční Nobelisté. Cíl: "ocenit výzkum, který lidi nejprve rozesměje, pak přiměje přemýšlet." Nejde vždy jen o vtip — mnohé výzkumy jsou vědecky přínosné.

Rok	Oblast	Za co
2000	Fyzika	André Geim — magnetická levitace živé žáby
2005	Zemědělství	Přitahuje samice komára malárie <i>Anopheles</i> vůně sýra Limburger stejně jako lidské nohy → pasti se sýrem
2011	Chemie	Alarm z wasabi — zburcuje neslyšící i hlubokospící lidi vůní křenu
2010	Medicína	Klení zmírňuje bolest — prokázáno experimentálně
2012	Fyzika	Proč káva přetéká z hrníčku při chůzi (a jak tomu zabránit)
2019	Biologie	Je možné přimět pavouka, aby hrál na housle? (Rozhodně ano.)

Geimova slova: "V mé zkušenosti, pokud lidé nemají smysl pro humor, obvykle nejsou dobrými vědci." Je zapsán v Guinness World Records jako první a jediný člověk s oběma cenami.

XIV — Společný vzor a neviditelné chyby

Společný vzor: Co se opakuje napříč všemi chybami

Vidíme jen přeživší, jen vrácené letadla, jen úspěšné fondy → neúplný obraz reality

0,1 s → 28 mrtvých. 2 cifry roku → 300B USD.
Malé systematické chyby se sčítají

Simpson: ženy žádaly těžší fakulty.
Bez pochopení struktury dat = špatný závěr

Base rate neglect
Bayesův paradox: prevalence 1 % →
i přesný test = 91 % false positives

Absence nezávislé kontroly
Challenger: inženýři varovali.
NASA: 1:100 000. Realita: 1:100

Předpoklady bez validace
Ariane 5 převzala kód z Ariane 4.
Kontext se změnil — předpoklady ne

Jediný společný jmenovatel

Nedostatek nezávislé kontroly a validace předpokladů

Ve válce. Ve statistice. V medicíně. V softwarovém inženýrství.

→ Chyby se nehromadí náhodně. Hromadí se systematicky, pokud je aktivně nevyhledáváme.

Obr. IX.1 — Šest společných vzorů napříč všemi případy.

Mysleli jsme si	Realita byla	Co chybělo
Jednotky jsou jasné	Každý tým měl jiné	End-to-end test
Software je dostatečný	HW pojistky byly klíčové	Safety analýza
Kód fungoval dříve	Kontext se změnil	Analýza předpokladů
Doktoři to schvalují	Marketing, ne věda	Nezávislá validace
Riziko je 1 : 100 000	Riziko bylo 1 : 100	Fyzikální realita

Jediný společný jmenovatel

Nedostatek nezávislé kontroly a validace předpokladů. Ve válce. Ve statistice. V medicíně. V softwarovém inženýrství. A když nerozeznáme, ve kterém světě se pohybujeme — zda jde o subjektivní estetiku nebo měřitelný fakt — ztrácíme schopnost rozlišit názor od důkazu. Poezii nelze změřit grafem. Ale gravitaci, úmrtnost a tvar planety ano.

Klíčová otázka: Neviditelné chyby

Moderní algoritmické systémy mají tolik vstupů a vrstev, že individuální člověk nevidí, kdy se systém začal chovat špatně. Bez ground truth nevidíme odchylku. A bez viditelnosti nelze chyby napravit.

- Algoritmus zvýhodňuje demografické skupiny o 2-3 % — pod prahem běžného testování
- Reinforcement loop: systém zesiluje preference, které sám vytvořil
- Kreditní scoring: model penalizuje faktory korelující s chráněnými charakteristikami
- Těžko diagnostikovat: chybí nástroje pro debugging komplexních neuronových sítí

XV — Závěr: Entropie a aktivní práce

$S = k \cdot \ln(W)$ Systémy přirozeně degradují. Chyby se hromadí, pokud je aktivně nevyhledáváme.

Survivorship bias nás učí, že vidíme jen přeživší

Vždy se ptejte: Kde jsou ti, kteří to nezvládli? Letadla, která se nevrátila, mají nejdůležitější lekce.

Dva světy poznání: rozlišujte fakta od pocitů

Poezie nelze změřit grafem. Ale gravitaci, úmrtnost a tvar planety ano. Pseudověda se brání falsifikaci.

Simpson's Paradox varuje před agregací bez kontextu

Vždy rozložte data na podskupiny. Identifikujte confounding proměnné. Agregovaný trend může být přesným opakem reality.

Monty Hall: naše pravděpodobnostní intuice je systematicky chybná

Počítejte, neodhadujte. Podmíněná pravděpodobnost je neintuitivní — mozky nejsou naprogramované rozumět jí.

Bayes: base rate je kritická, testy aktualizují pravděpodobnost

Pozitivní test neznamena nemoc. Při nízké prevalenci je většina pozitivních výsledků false positives.

Feynman: Přírodu nelze oklamat

Fyzikální realita nerespektuje hierarchii ani PowerPoint. Nezávislá kontrola a hlasy expertů musí mít váhu.

"Nature cannot be fooled."

— Richard Feynman — a platí to pro fyziku, statistiku, medicínu i software

"Člověk si nepřipadá nijak, když se plete. Všechno se děje až ve chvíli, kdy to zjistí. A v některých případech je už příliš pozdě."

— Závěr

Zdroje a literatura

[1]

Wikipedia — Survivorship bias
https://en.wikipedia.org/wiki/Survivorship_bias

[2]

DoctorSpin — Survivorship Bias: Abraham Wald and the WWII Airplanes
<https://doctorspin.org/media-psychology/psychology/survivorship-bias/>

[3]

ClearThinking — Survivorship bias: lessons from World War Two aircraft
<https://clearthinking.co/survivorship-bias/>

[4]

Bickel, Hammel & O'Connell (1975) — Sex Bias in Graduate Admissions: Data from Berkeley. Science, 187(4175), 398-404
<https://doi.org/10.1126/science.187.4175.398>

[5]

Allen Downey — Simpson's What?

<https://www.allendowney.com/blog/2025/10/16/simpsons-what/>

[6]

Wikipedia — Simpson's paradox

https://en.wikipedia.org/wiki/Simpson%27s_paradox

[7]

Wikipedia — Monty Hall problem

https://en.wikipedia.org/wiki/Monty_Hall_problem

[8]

Wikipedia — Entropy (thermodynamics)

<https://en.wikipedia.org/wiki/Entropy>

[9]

Wikipedia — Boltzmann's entropy formula

https://en.wikipedia.org/wiki/Boltzmann%27s_entropy_formula

[10]

SimScale — How NASA Lost Its Mars Climate Orbiter From a Metric Error

<https://www.simscale.com/blog/nasa-mars-climate-orbiter-metric/>

[11]

CBS News — Boeing faulted for Starliner software errors

<https://www.cbsnews.com/news/boeing-faulted-for-starliner-software-errors-that-marred-test-flight/>

[12]

Wikipedia — Therac-25

<https://en.wikipedia.org/wiki/Therac-25>

[13]

GAO Report — Patriot Missile Defense Software Problem

<https://cs.nyu.edu/exact/resource/mirror/patriot.htm>

[14]

LinkedIn — Ariane 5 space crash: integer overflow

<https://www.linkedin.com/pulse/ariane-5-space-crash-my-arduino-issue-integer-daniel>

[15]

New York Times — Knight Capital Says Trading Glitch Cost It \$440 Million

<https://dealbook.nytimes.com/2012/08/02/knight-capital-says-trading-mishap-cost-it-440-million/>

[16]

Wikipedia — Knight Capital Group

https://en.wikipedia.org/wiki/Knight_Capital_Group

[17]

Stanford Research into the Impact of Tobacco Advertising (SRITA)

<https://tobacco.stanford.edu/>

[18]

Wikipedia — More Doctors Smoke Camels

https://en.wikipedia.org/wiki/More_Doctors_Smoke_Camels

[19]

Wikipedia — Medicinal cigarettes

https://en.wikipedia.org/wiki/Medicinal_cigarettes

[20]

History — Dr. Batty's Asthma Cigarettes

<https://www.history.com/news/cigarettes-doctors-smoking-endorsement>

[21]

Wikipedia — Space Shuttle Challenger disaster

https://en.wikipedia.org/wiki/Space_Shuttle_Challenger_disaster

[22]

Dead Poets Society (1989) — film, dir. Peter Weir

https://en.wikipedia.org/wiki/Dead_Poets_Society

[23]

Script / dialogue — Dead Poets Society

https://www.scripts.com/script/dead_poets_society_6182

[24]

IMDb — Dead Poets Society quotes

<https://www.imdb.com/title/tt0097165/quotes/>

[25]

Walt Whitman — "O Me! O Life!" (Leaves of Grass, 1867)

<https://www.poetryfoundation.org/poems/51568/o-me-o-life>

[26]

Dead Poets Society — Carpe Diem speech

https://en.wikipedia.org/wiki/Dead_Poets_Society#Plot

[27]

Karl Popper — The Logic of Scientific Discovery (1934/1959)

https://en.wikipedia.org/wiki/The_Logic_of_Scientific_Discovery

[28]

Stanford Encyclopedia of Philosophy — Popper

<https://plato.stanford.edu/entries/popper/>