

ÚLOHA DÁT PRI OCHRANE ZDRAVIA A ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA



Viktor Foltin

© doc. Mgr. et Mgr. Viktor Foltin, PhD., MPH

ÚLOHA DÁT PRI OCHRANE ZDRAVIA A ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA

Autor a editor monografie:

doc. Mgr. et Mgr. Viktor Foltin, PhD., MPH
zamestnanec VŠZaSP sv. Alžbety zaradený
na funkčné miesto profesora v odbore verejné zdravotníctvo

Oponenti monografie:

Prof. RNDr. Peter Lukáč, DrSc.
emeritný profesor na Fakulte matematiky, fyziky a informatiky
Univerzity Komenského v Bratislave

doc. et doc. MUDr. Eliška Kubíková, PhD., MPH
vedúca oddelenia pre styk z verejnosťou Lekárskej fakulty
Univerzity Komenského v Bratislave
zástupca prednostu Anatomického ústavu Lekárskej fakulty
Univerzity Komenského v Bratislave

Titulný obrázok:

Rakúske Alpy z Hafelekar-Innsbruck – pohľad na pohorie Kalkkogegel

Počet strán: 128

Vydal:

© Vysoká škola zdravotníctva a sociálnej práce sv. Alžbety
Bratislava 2023



ISBN: 978-80-8132-275-4

EAN: 9788081322754

Venovanie

Túto monografiu venujem všemohúcemu Bohu, môjmu Stvoriteľovi, z vďačnosti za mojich rodičov, mojich súrodencov a za príležitosť spolupracovať s niektorými skutočne úžasnými ľuďmi počas mojej životnej cesty. Túto monografiu venujem aj svojim rodičom, ktorí ma toho toľko múdreho a dobrého naučili.

Obsah	
Predslov	9
1. Dáta	11
1.1. Priestor a čas	14
- Hodnota informácie	16
- Pôvod dát	16
- Použitá analýza - práca s dátami v časovej línii	16
1.1.1. Priestor a čas v zdravotníctve	17
- Triage	17
- Otvorený a uzavretý priestor	18
- Bodová lokalizácia	19
1.1.2. Priestor a čas z pohľadu dát	20
- Všeobecný pohľad na množstvo dát	20
- Požiadavka zdravotníctva na dáta	20
1.1.3. Procesný aspekt	20
- Existencia logických pravidiel	20
- Existencia etických pravidiel	21
- Existencia príslušnej legislatívy	21
- Tvorba štandardov	22
1.2. Riziko a management rizík	24
1.2.1. Významné zdravotné riziká v čase	25
1.2.2. Významné ekologické riziká v čase	26
1.2.3. Významné riziká pri práci s dátami	29
1.3. Zdravie - človek a životné prostredie	32
- História choroby	33
- Prevencia ochorenia	33
- Štádiá ochorenia	33
- Indikátory a determinanty zdravia	34
- Sociálne aspekty a zdravotná starostlivosť	34
1.3.1. Expozícia a životné prostredie	36
- Pôda	36
- Voda	37
- Vzduch	40
- Dynamika a monitoring životného prostredia	41
1.3.2. Expozícia a ľudské zdravie	43
- Monitoring a skrining	43
- Diagnostický test a skriningový test	44
- Senzitivita a špecifita	44
- Incidencia a prevalencia	46

- Outbreak	47
- Zdravotná politika	49
1.4. Dáta a vedecký výskum	50
- Charakteristiky výskumu a časové kroky vo výskume.	50
- Cieľ výskumu a hypotéza.	51
- Kvantitatívny a kvalitatívny výskum	52
- Prípadová a kohortová štúdia	53
1.5. Dáta v medicíne	54
1.5.1. Neinvazívny zisk dát a presné spracovanie dát	56
- Benefit kombinácie jednotlivých techník	57
1.5.2. Štrukturované a neštrukturované dáta	57
1.5.3. Digitalizácia získaného obrazu	57
1.6. Zavedenie algoritmov umelej inteligencie	60
1.6.1. SWOT analýza práce s dátami v medicíne.	60
- Zdravníctvo a spracovanie dát v minulosti	61
- Zdravníctvo a spracovanie dát dnes	61
- Vízia zdravotníctva do budúcnosti	61
1.6.2. Metódy umelej inteligencie v environmentálnej medicíne.	62
- Aplikácie umelej inteligencie v zdravotníctve	63
- Aplikácie umelej inteligencie pri sledovaní vplyvov životného prostredia	63
1.6.3. Progres smerom ku Generatívnej Umelej Inteligencii	64
2. Dlhodobá expozícia časticiam.	67
2.1. Prevencia ako motivácia špecifického výskumu	67
2.2. Dýchací systém ako biomarker	71
- Mechanizmus samoočisťovania dýchacích ciest.	71
- Vplyv znečisteného životného prostredia	72
- Vybrane zistenia v elektrónovomikroskopickom obraze.	74
2.3. Placenta a pupočníková krv ako biomarker	76
- Hľadanie súvislostí medzi prítomnosťou Olova a ADHD	77
- Pripomenka sledovaných mechanizmov	77
- ADHD a životné prostredie	78
- ADHD a ekonomický dopad diagnózy	80
2.3.1. Kroky k poznaniu v ilustračnom obraze	81
2.3.2. Vyšetrovacie metódy použité pri identifikovaní sledovaných biomarkerov	84
2.3.3. Dosiahnuté výsledky	86
2.3.4. Návrhy pre aplikáciu v klinickej praxi	87
2.4. Olovo a depozity	88
- Zub a jeho štruktúra	89
- Zistenia prítomnosti olova na mikroskopickú úroveň	91

2.5. Monitoring zdravia a životného prostredia	93
- Plynová chromatografia	93
- PTR MS	93
- Zdravotná politika a dáta	93
2.5.1. Implementácia moderných technológií	94
2.5.2. Príklady environmentálnych rizík	95
- Pôda a palivá	95
- Historické budovy ako problém - Pb v budovách	95
- Špeciálny problém dnešných čias - plasty všade	96
- Priemyselné znečistenie a kríza spôsobená Koronoavírusom v roku 2020	96
2.5.3. Príklady zdravotných rizík	98
- Riziko antimikrobiálnej rezistencie	98
- Riziko nových vírusových chorôb	98
- Riziko globálneho otepľovania	98
3. Expozícia organizmu žiareniu	101
- Motivácia ku kapitole – Vplyv ožiarenia	101
3.1. Podstata žiarenia – základné pojmy	102
- Geometria situácie - žiarič a terč	102
- Fyzika - pôvod žiarenia	102
- Fyzikálne pojmy - čo sledujem pri žiarení	103
3.2. Interakcia žiarenia s organizmom	105
- Priama a nepriama ionizácia	105
- Úloha rádioprotektívnych látok	106
- Matematický pohľad na žiarenie	107
- Dve otázky	107
3.3. Vybrané medicínske techniky využívajúce žiarenie	109
- Absorbčné metódy RTG a CT	109
- Emisné metódy SPEC a PET	109
- Fluoroskopia	109
- Gama kamera	110
- ALARA koncept	110
3.4. Riziká spojené s používaním žiarenia	111
- Žiarenie a pľúca	111
- Úloha fibroblastov	113
- Vybrané zistenia v elektrónovomikroskopickom obraze	114
Literatúra	117
Register	123

Predslov

Zo sveta viditeľného do sveta neviditeľného s rešpektom a vďakou za múdrosť a vytrvalosť v konaní dobra venujeme túto monografiu nášmu pánu prof. Vladimírovi Krčmérymu – misionárovi dobrých skutkov.

Tak je – my poznávame iba svet viditeľný. Naše vnímanie skutočnosti je závislé na pozorovaní jednotlivých kvalít a možných interakcií na ktoré poukazujú dáta.

91% populácie celosvetovo žije na miestach, kde kvalita ovzdušia presahuje WHO odporúčané limity. 4,2 milióna úmrtí každý rok je následkom vonkajšieho znečistenia ovzdušia

Žiarenie sa stalo neoddeliteľnou súčasťou medicínskej diagnostiky a terapie.

Predkladaná monografia poukazuje na dôležitosť existencie a používania moderných algoritmov spracovania dát v medicínskej praxi. Predstavuje tiež výsledky nášho vedeckého výskumu štruktúrnych a funkčných zmien spôsobených vybranými fyzikálnymi faktormi – expozíciou časticiam a žiareniu.

Nech sa Vám pozemšťanom žijúcim vo Svete viditeľnom stane čítanie tejto monografie zážitkom.

Viktor Foltin
autor

1. DÁTA

**Naše vnímanie skutočnosti je
závislé na sledovaní/pozorovaní
jednotlivých kvalít a možných
interakcii na ktoré poukazujú dáta.**

1. DÁTA

Predkladanú monografiu o úlohe dát v sledovaní životného prostredia a zdravia začneme pretlmočením osobnej **skúsenosti** z profesionálnej praxe troch profesorov: profesora Jána Pišutu z Univerzity Komenského v Bratislave, s veľavravným príbehom experimentálneho fyzika profesora Wernera Lindingera z Leopold-Franzens Universität Innsbruck a životným príbehom/posolstvom profesora Vladimíra Krčméryho zakladateľa tropickej medicíny na Slovensku a zriaďovateľa Vysokej školy zdravotníctva a sociálnej práce sv. Alžbety v Bratislave a jej detašovaných pracovísk na Slovensku a vo svete:

- prof. **Ján Pišút**, teoretický fyzik pracujúci s matematickými vzorcami popisujúcimi fyziku mikrosвета a s dátami z rôznych simulácií vybraných procesov, poukázal na nevyčerpatelnosť poznatkov a otváraní sa nových a nových výziev pre bádateľov.

Púť myšlienky pretavenej do matematickej rovnice, návrhu a realizácie experimentu, je dlhá ale aj vďaka týmto kvapkám do mora má z vedeckej práce učencov osôh celá spoločnosť. Pripomeňme, že kvantová fyzika (spočiatku považovaná za akademickú a teoretickú vedu) tak v našich časoch zažíva renesanciu a nachádza široké uplatnenie pri konštrukcii pre život neodmysliteľných zariadení v medicíne, v priestorovej lokalizácii, v telekomunikácii.

- prof. **Werner Lindinger**, experimentálny fyzik – vynálezca a konštruktér úplne prvého vysoko citlivého PTR-MS meracieho prístroja (proton transfer reaction mass spectroscopy) a metódy sledovania aj podlimitných koncentrácií komponentov (vrátane emisii). Pán profesor Lindinger predstavil pred cca 22 rokmi na jednej z vedeckých konferencií schopnosti PTR-MS takto:

Ľudská skúsenosť hovorí, že na končiaroch v horách bude najčistejší vzduch, moderné prístroje vedia namerať aj veľmi malé, často podlimitné koncentrácie jednotlivých látok. Nie je sa čomu čudovať ak hodnoty meraní na vrchole ľadovca potvrdia ľudskú skúsenosť – no prof. Lindinger po sérii „priaznivých“ výsledkov na tom istom mieste, v ten istý deň, pri tom istom počasí – ibaže o hodinu neskôr s tým istým prístrojom namerá „nepriaznivé výsledky“ – pripomeňme, že prístroj nebol pokazený, keďže meranie bolo realizované pri meteorologickej stanici, boli k dispozícii podrobné údaje/dáta o prúde vzduchu a o koncentráciách znečisťujúcich látok nameraných vo veľkých mestách.

Čo sa teda stalo? Nič s prístrojom, ibaže to neskôršie meranie v sebe zahŕňalo aj príspevok vetrom „zavnanutého“ vzduchu z Mníchova. Až znalosť vplyvu prúdenia vzduchu z priestoru o vyššom znečistení do priestoru s neznečisteným prostredím dáva odpoveď na rozdiely v spomenutých meraniach. Aj tento príbeh poukazuje na nevyhnutnosť použitia množstva dát a zručnosť interdisciplinárneho a globálneho pohľadu – pohľadu človeka žijúceho v treťom tisícročí – na riešenie, modelovanie a predvídanie pre verejné zdravie a pre zdravie jedinca relevantnej situácie.

Keďže tak, ako prúdením šíriaci sa vzduch „nepozná“ hranice ani zdravotné a epidemiologické riziká nepoznajú hranice a nemusia byť jednoznačne detekovateľné. Pripomeňme známu skutočnosť, že každá choroba má rôznu inkubačnú dobu a rôzny priebeh, vrátane rôzneho časového okna kedy jej príznaky nie sú detekovateľné. Vďaka leteckému spojeniu môže behom 24 hodín dôjsť k nevedomému prenosu biologických rizík prakticky kdekoľvek na našej planéte. Existujú prostriedky na detekovanie týchto rizík – napríklad infračerveným snímaním zvýšenej telesnej teploty je možné zaregistrovať výskyt infekcie u osôb vo väčších skupinách ľudí – príklad používania na niektorých letiskách. No tieto prostriedky majú obmedzenú citlivosť a selektivitu, a nedokážu jednoznačne vylúčiť výskyt rizika. Problémom tu je skutočnosť technickej nemožnosti okamžitej detekcie každej z možností z celej škály daných epidemiologických a zdravotných rizík. Je preto dôležité identifikovať riziká a vedieť, ako znížiť vplyv týchto rizík.

- Profesor **Vladimír Krčméry** – lekár, onkológ, mikrobiológ, zakladateľ tropickej medicíny na Slovensku, zakladateľ a rektor vysokej školy svojím profesionálnym/misijným dielom v mnohých mediálnych rozhovoroch spojil úlohu dát s úlohou voľby človeka nezanedbať dobro.

Spúšťačom mnohých humanitárnych projektov bola výzva v podobe informácie/dát identifikujúcej problém, tu môžeš pomôcť, nie bezhlavo ale s presne premyslením algoritmom mnohých na seba nadväzujúcich malých ale nevyhnutných krokov – podobných tým pri skladaní puzzle. Pripomeňme paralelnosť dvoch procesov: akútnej intervencie (pri akútnej zdravotnej intervencii je možná viditeľná jednorazová pomoc) ale aj proces dlhodobej mravenčej, často hneď neviditeľnej práce verejno-zdravotníckej výchovy a budovania zázemia v tropických krajinách (uvedené činnosti si vyžadujú interdisciplinárne myslenie, plánovanie vizionárskeho charakteru).

Keďže pán profesor Vladimír Krčméry rád citoval príbehy zo svätého písma – tu aj Biblickým príbehom pripomeňme extrémnu dôležitosť:

- myslenia, ktoré v sebe ukrýva schopnosť pracovať s dátami
- a rozvážnosti v konaní.

Heslovite tu pripomeňme:

- príbeh o 10 pannách čakajúcich na ženícha s olejovými lampami (Mt 25, 1-13), avšak iba 5 z nich mali aj olej aj lampy, ďalších 5 pánien nemali olej a keďže ten im chýbal – a tak v čase príchodu očakávaného ženícha „riešili“ zabudnutý olej, jeho kúpou a následne sa už na svadobnú hostinu k ženíchovi nedostali.
- a upozornenie o staviteľovi (Lk 14, 28-30), ktorý si má najprv všetko prekalkulovať, aby stavbu dokončil a nebol na hanbu.

Aj oboma tu uvedenými príbehmi sa profesor Vladimír Krčméry riadil, ináč by nemohlo nielen vzniknúť jeho dielo ale aj po jeho narodení sa pre Nebo 20. decembra 2022 pokračovať vďaka práci jeho kolegov a študentov.

Tu popísaná skúsenosť profesorov, vedcov telom a dušou poukazujú na aj pre dnešnú dobu často opomínanú skutočnosť **poznanie je hodnotou**, je nevyčísľiteľnou hodnotu, ktoré sa prenáša z pokolenia na pokolenie a ktorá prináša spoločnosti merateľnými dátami preukázateľný úžitok. Jednoznačnosť a univerzálnosť poznania je vždy prezentovaná dátami, ktorým sa v tejto monografii budeme venovať.

Ak nemám dáta, neviem zhodnotiť situáciu. Neznalosť závažnej skutočnosti a čas možno považovať v medicíne pri riešení akútnych stavov za najväčších „nepriateľov“ – veď ide o „beh s časom“. Dôležité tu sú aj dáta popisujúce príslušné intervencie – tak aby sa identifikovali a pri nasledujúcej intervencii eliminovali prípadné chyby.

Prví dvaja spomenutí páni profesori mali skúsenosť s množstvom dát. Neboli lekári a nemali priamu skúsenosť s epidémiou a jej šírením sa. Ich životná púť na našej planéte skončila v čase kedy nikto nepoznal pojem COVID-19. Práve pri pandémii COVID-19 sa celé ľudstvo stretlo s množstvom aj protichodných dát, overených a neoverených dát, **s nevyhnutnosťou učiť sa, nadobudnúť zručnosti v ochrane zdravia a životného prostredia, ale aj v kritickom myslení**. Tretí pán profesor mal už aj praktickú skúsenosť s rôznymi ochoreniami, aj s epidémiami, aj s technikami epidemiologickej prevencie a intervencie. Tiež mal skúsenosť s katastrofami a bol spoluautorom a spolueditorom našej spoločnej monografie Akútne situácie a katastrofy v zdravotníctve a sociálnej práci, ktorú sme začínali s poukazom na extrémnu dôležitosť existencie dát a schopnosti rýchle vyhodnotiť dáta. Tu pripomeňme, že:

- s existenciou dát súvisí aj ich aktuálnosť,
- s pojmom vyhodnotiť dáta súvisia dva pojmy – včas a správne.
Pojem včas v sebe skrýva technickú informáciu (mikrosekunda, milisekunda, sekunda, minúta)
Pojem správne v sebe skrýva paralelne dve skutočnosti:
 - technologická správnosť áno-nie pre volený postup
 - morálna hodnota rozhodovania sa pre dané konanie na základe vyhodnotenia overených dát.

Žijeme v dobe a geografickej lokalite Zeme (Západnej Európe), kde sa za štandard berie „full infrastructure“ (elektrina, internet, pitná voda, lieky, potraviny a mier) no nie všade na našej spoločnej planéte tomu tak je - preto veľkou výhodou sú možnosti používania rýchlych (nenáročných a lacných „rapid“ testov) diagnostických testov, ktoré možno urobiť spoľahlivo a kdekoľvek. Ľudský život treba zachrániť aj keď nie je elektrina..., jednoducho o záchranu ľudského života sa treba pokúsiť vždy a všade.

Ak pri akejkoľvek činnosti nechceme zabúdať na životné prostredie, potrebujeme **aj v podobe zozbieraných dát** z rôzneho spektra meraní v časovom slede identifikovať:

- stav životného prostredia
- príčinné súvislosti (dôvody znečistenia, mapu zdravotného stavu populácie, epidemiologické riziká, vzájomnú koreláciu identifikovaných skutočností).

Na riziká „zlého prístupu“ ľudstva a na individuálnu zodpovednosť každého z obyvateľov našej planéty k životnému prostrediu vo svojej komplexnosti (v 246 bodoch s použitím 172 citácií) poukázal aj pápež František – už v treťom roku svojho pontifikátu 24. 5. 2015 encyklikou *Laudato Si*. Aj vďaka dátam z dynamiky vedeckého poznania a znalosti rizikových faktorov tento apel na ochranu zdravia a životného prostredia pápež František, v jedenástom roku svojho pontifikátu, na sviatok sv. Františka Asiského – 4. 10. 2023 rozširuje a adresuje všetkým ľuďom nášho domu, našej planéty v Apoštolskej Exhortácii *Laudate Deum*.

1.1. Priestor a čas

Priestor možno charakterizovať geometricky pozíciou (súradnice x, y, z); medzi sebou vzájomne súvisiacimi fyzikálnymi stavovými veličinami tlak (p), objem (V), teplota (T); existenciou pôsobiacich síl (F) atď. V závislosti od dĺžky expozície (číselnej hodnoty času (t) účinku jednotlivých vplyvov) na základe porovnania údajov z rôznych pozorovaní môžeme definovať riziká spolu s poukazom na ich „akceptovateľnosť“, resp. „neakceptovateľnosť“. Pri popise skutočnosti – fyzikálnych, chemických a biologických procesov „hrá“ dôležitú úlohu rovnováha systému. Pojem proces „sám v sebe“ zahŕňa časové členenie na začiatok, priebeh, koniec – čo poukazuje na dynamiku ktorej iniciátorom môže byť interakcia, dodanie energie alebo snaha o dosiahnutie rovnováhy v prípadoch kde na začiatku procesu bola nerovnováha. Uvedené tvrdenie možno rozšíriť aj na sledovanie účinkov externých faktorov zjednotených pod pojem životného prostredia na ľudský organizmus. Pripomeňme, že mimo faktorov životného a pracovného prostredia sa čitateľ často stretne s pojmom vplyvu životného štýlu na zdravie ľudského organizmu.

Získané dáta z množstva pozorovaní ako zdravotného stavu, tak aj priestorovej a časovej lokalizácie sú základom pre vytvorenie matematických a algoritmických modelov jednotlivých, alebo príbuzných javov, vplyvov a interakcií.

Pri zisku dát v zdravotníctve je dôležité definovať súbor sledovanej populácie a spôsob zberu dát. Pri zisku dát v rámci individuálnej diagnostiky a terapeutického zákroku je dôležité postupovať v súlade s odporúčanými diagnostickými štandardmi a použiť, pokiaľ je to možné, neinvazívne metódy zberu vrátane definovania súboru dát. Na mieste je rozvaha v identifikovaní potrebných dát/nevyhnutných vyšetrení, tak aby mal lekár pre celkové zhodnotenie zdravotného stavu pacienta postačujúce množstvo dát na stanovenie správnej diagnózy a na „nastavenie“ správneho a včasného terapeutického postupu. V tu uvedenom hrá čas nezastupiteľnú úlohu – neskorá alebo pomalá realizácia inak „dokonale správneho postupu“ môže mať kritické následky. Práve na využívaní všetkých dostupných a súvisiacich dát k už zrealizovaným liečebným postupom je založená preventívna medicína (niektoré zo základných pojmov si zadefinujeme v tejto monografii).

Pripomeňme známe tvrdenie charakterizujúce, že **dnes nie je problém so ziskom dát** (či vo všeobecnosti, alebo s použitím sofistikovaných laboratórnych vyšetrovacích metód) **ale so schopnosťou dáta včas analyzovať a využiť**. Pozastavme sa pri **žltou** farbou znázornených slovách a doplníme k nim komponenty technickej (hardwarovej a softwarovej) infraštruktúry:

- i) **senzory** potrebujem na zisk dát
- ii) **procesory** potrebujem na konštrukciu systémov pre analýzu dát
- iii) **príslušenstvo** potrebujem na definovanie postupov

i - Senzory – pomocníci na zisk dát.

Proces monitorovania užívateľovi dáva informáciu o danom priestore v čase. Začnime otázkou akými štyrmi slovami by ste zadefinovali konštrukciu monitorovacieho systému? Monitorovať môžete stav životného a pracovného prostredia, ale aj zdravotný stav pacienta. V oboch tu zmienených prípadoch je to možné v reálnom čase na mieste alebo na diaľku.

Naša odpoveď je: Na monitorovanie potrebujeme:

1. senzor alebo senzory,
2. prepojenie/konektivita,
3. knižnica dát,
4. algoritmus.

Poznámka – tri posledné odpovede možno považovať za štandardné príslušenstvo k samotnému senzoru. Poznamenajme že samostatný senzor je iba jeden z prvkov monitorovacieho systému.

1. najjednoduchšie sú polovodičové senzory založené na zmene elektrických parametrov (elektrického odporu, alebo kapacity). Príčinou detekovateľnej a merateľnej zmeny (podľa typu senzoru) je zmena sledovanej kvality/podnetu: optický (zmena intenzity svetla), chemický a plynový (zmena koncentrácie látky na sledovanie ktorej je senzor kalibrovaný), teplotný, tlakový/hmotnostný a iné. Je časté používanie viacerých funkcionalít v jednej súčiastke. Samotný výrobca už zabezpečuje kalibráciu a testovanie senzorov. Predchodcom mnohých dnes už bežných a cenovo dostupných senzorov boli v rámci kozmického výskumu vyrobené špeciálne senzory. Ide o sekundárny benefit aj kozmického výskumu - existencia komponentov a technologických postupov využiteľných v bežnom živote. Nakoľko ide o elektronickú súčiastku vždy je nevyhnutné i) počas prevádzky zabezpečiť spôsob napájania senzora a ii) použiť materiály pri ktorých sa minimalizuje odpad po ukončení prevádzky senzoru.
2. prepojenie/konektivita sa v dnešnej dobe stáva zlatým štandardom (zariadenie bez tejto funkcionality nie je použiteľné) v sebe zahŕňa možnosť online zberu nameraných dát. Techniky diaľkového monitoringu sa používajú v sledovaní ťažko dostupných miest (monitoring životného prostredia) i v sledovaní pacienta na diaľku, bez osobného kontaktu (telemedicína). Aj tu, ešte raz pripomeňme nevyhnutnosť existencie napájania daného senzoru.
3. knižnica dát definuje fyzikálne vlastnosti za presne určených podmienok (existencia kalibračnej krivky, matematické prevodové formuly, definovanie povolennej odchýlky v nameranej hodnote, životnosť). Príklad: už desaťročia používaný teplotný odporový senzor/teplomer - Pt100 (pri teplote 0 °C je elektrický odpor 100 Ohm, rozsah meraných teplôt, existuje vzorec na priamy prepočet teploty z nameraného elektrického odporu) a mnohé iné.
4. algoritmus/algoritmy - využívame základnú schému pre zber a spracovanie dát, pre realizáciu procesov ktoré treba navrhnuť a v počítačovom jazyku naprogramovať. V dnešnej dobe už existujú užívateľsky prívetivé (userfriendly) softwarové balíky (napríklad na univerzitách často používaný LabWiev) zabezpečujúce definovanie a časovú synchronizáciu jednotlivých krokov. Pri správnom designe procesov sú výstupom zaznamenané merané hodnoty - výstupné dáta merania. Takto získané výstupné dáta sa hneď stávajú vstupnými dátami pre ďalší testovací algoritmus – napríklad či nedošlo k prekročeniu definovaných limitných hodnôt. Pokiaľ nie nič sa nedeje. Pokiaľ áno zapína sa ďalší už tretí algoritmus riešenia danej situácie. Tu sme iba v skrátenej podobe predstavili reťaz algoritmických krokov založenú na vyhodnotení nameraných/získaných údajov. Pre technickú realizáciu sú tak veľmi na sebe dôležitou funkcionalít nadväzujúce súčiastky senzor (identifikuje skutočnosť) a procesor (malý počítač realizujúci procesy: na základe získaných dát definuje ďalší krok v naprogramovanej sekvencii možných krokov).

ii) procesory – technické komponenty – polovodičové súčiastky schopné pracovať s informáciou vo forme elektrického signálu dvoch hodnôt (zapnuté, vypnuté) – dvojková sústava (hodnoty: 0, 1) sa tak stáva priestorom informačných technológií. Uvedenú skutočnosť možno sprostredkovať prevodom akejkoľvek číselnej hodnoty (číslo v desiatkovej sústave), ale aj hodnoty tvrdenia (pravda, nepravda). Pripomeňme prítomnosť v mikrosвете ako z pohľadu priestoru (t.č. typicky používané nanometrové technológie 28 nm – 3 nm) tak aj z pohľadu času (t.č. typicky používané taktovacie frekvencie 50 miliónov až 5 miliárd logických operácií za jednu sekundu).

iii) príslušenstvo – predstavujú nasledovné komponenty:

- vysielateľ/prijímač – umožňujúcu konektivitu, online monitoring,
- napájanie – zabezpečujúce funkčnosť zariadenia,
- chladenie – zabezpečujúce funkčnosť zariadenia,
- úložisko dát – vrátane aktivovanej funkcionality zaznamenania časovo starších verzií dokumentu spolu s definovaným kto a kedy urobil zmenu v súbore (ide o skutočnosti dôležité pri vedení elektronickej zdravotnej dokumentácie),
- software – zabezpečujúci funkčnosť zariadenia.

Uvedomujúc si dynamiku v technologickom vývoji, najmä pre informačné a detekčné systémy využívané v zdravotníctve sa vyžaduje aj user friendly design systémov vrátane pamätania na zabezpečenie (napr. preddefinovaním možnosti ukladania dát do všeobecne známych formátov kompatibility). Príkladom zlatého štandardu kompatibility je pdf súbor (akákoľvek písomnosť, vyprodukovaná v akomkoľvek software je možné uložiť ako pdf súbor).

Hodnota informácie

Dáta možno považovať za médium sprostredkujúce informácie. V digitálnom prostredí pracujeme s informáciou vo forme dát zapísanou v dvojkovej sústave. V tabuľke 1 pripomeňme existenciu navzájom súvisiacich vždy iba dvoch odpovedí definujúcich jednu kvalitu/kritérium pre konkrétnu informáciu.

kritérium	dve možné odpovede	
- hodnota informácie	pravda	nepravda
- overiteľnosť informácie	možno overiť	nemožno overiť
- zdroj informácie	známy/dôveryhodný	neznámy/podozrivý
- aktuálnosť informácie	aktuálna	neaktuálna
- použiteľnosť informácie	použiteľná	nepoužiteľná
- úplnosť informácie	úplná	neúplná
- priestor zverejnenia	reálny	virtuálny

Tabuľka 1 – hodnota informácie

Pre úvod našej monografie o dôležitosti dát pri ochrane zdravia a životného prostredia zostali nezodpovedané dve otázky:

- prvá je otázka možného pôvodu informácia, čiže dát,
- druhá je otázka použitej analýzy pre informáciu, čiže dáta.

Pôvod dát

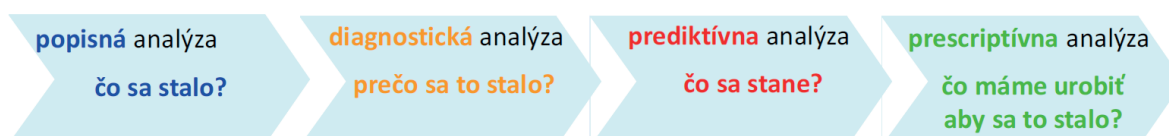
Pripomeňme donedávna akceptované tri základné spôsoby vytvorenia dát, informácie:

1. Človek je tvorcom dát – dáta vznikli na základe ľudského pozorovania, analyzovania a vyhodnotenia;
2. Senzory sú tvorcami dát – dáta vznikli ako výsledok merania príslušných veličín v čase podľa človekom zadaného algoritmu zberu dát a človekom priebežne realizovanej kontroly zberu dát;
3. Kalkulácie a predikcie – dáta vznikli ako výsledok práce človeka s rôznymi matematickými algoritmami – tak vznikajú napríklad predikcie popisujúce ten istý jav v závislosti od použitých premenných.

Dnešná doba čelí výzve minimalizovania rizík v zavádzaní algoritmov umelej inteligencie (vzniká tak 4 kategória dát vygenerovaných bez zásahu človeka).

Použitá analýza - práca s dátami v časovej línii

Na obr. 1 predstavujeme vo vzostupnom poradí 4 otázky a k nim prislúchajúce typy použitej analýzy.



Obrázok 1 – práca s dátami v časovej línii (typ analýzy spárované s otázkou)

1.1.1 Priestor a čas v zdravotníctve

Časová odozva ľudského organizmu na jednotlivé interakcie môže byť časovo okamžitá – akútna (kedy vplyvom externého faktoru v sekundových časoch nastáva priamo pozorovateľná odpoveď organizmu, ktorú možno diagnostikovať, napríklad otrava po uštipnutí hadom), alebo nie tak jednoducho priamo diagnostikovateľná odpoveď organizmu na dlho trvajúce postupne (chronické) zmeny v organizme, jeho zdravotnom stave. Tu uvedeným skutočnostiam je nevyhnutné prispôbiť aj rýchlosť profesionálnej zdravotnej intervencie, nevyhnutnosť poskytnutia prvej pomoci – v sebe skrýva predlekársku prvú pomoc a lekársku prvú pomoc. Tiež nezabúdame ani na psychologickú prvú pomoc. Existencia časového okna od požiadavky na záchranu ľudského života a profesionálnej intervencie je „nepriateľom pre záchranu“ avšak vďaka online komunikácií medzi neprofesionálnom poskytujúcim prvú pomoc a profesionálom „na linke“ jasne komunikujúcim príslušné postupy je možné pacienta stabilizovať pripraviť pre profesionálnu prvú pomoc – bojovať s časom. Na dátach a na vyhodnotení získaných dát sú založené oba typy zdravotnej intervencie okamžitej aj vopred plánovanej.

Triage

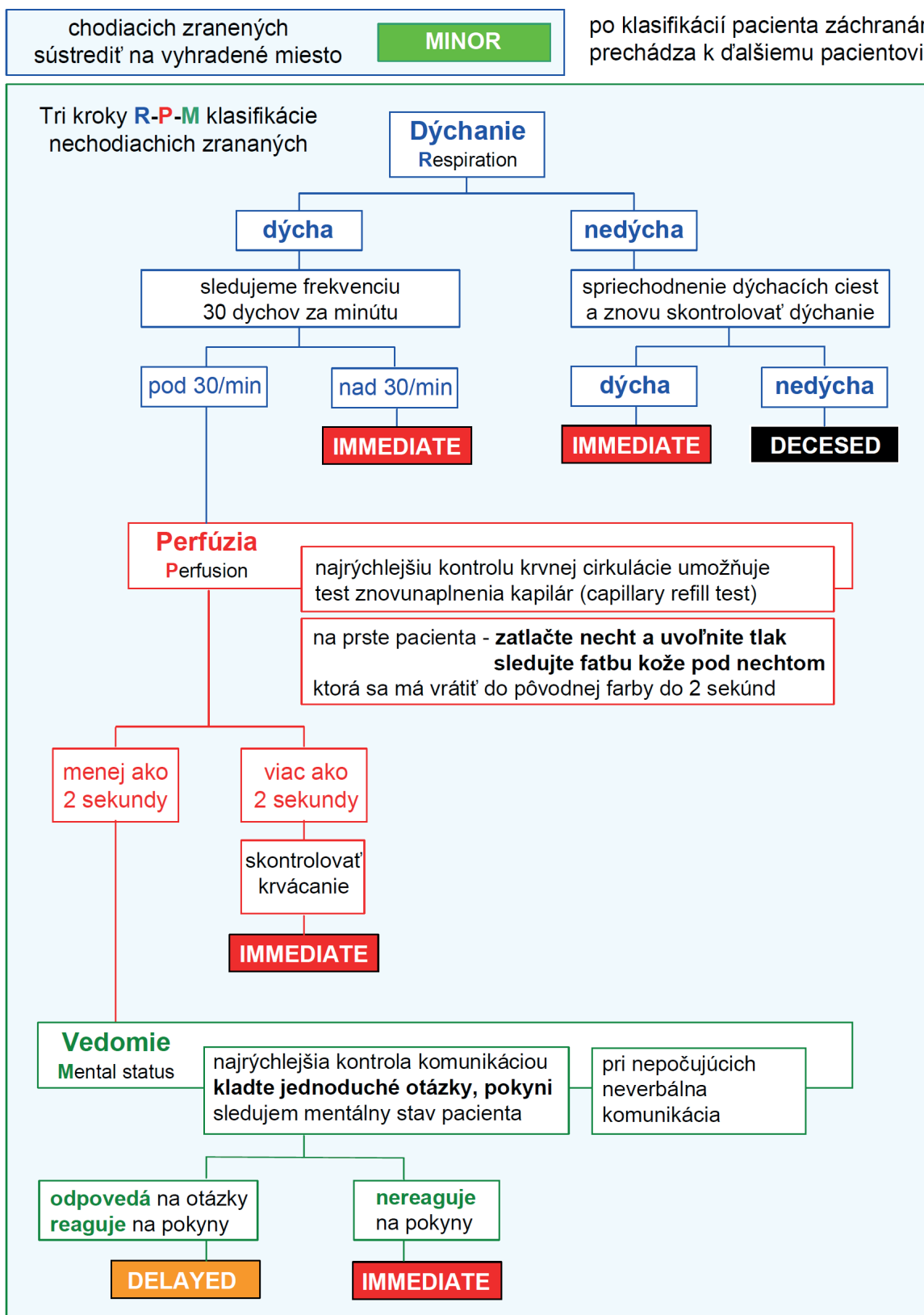
Z našej monografie Akútne situácie a katastrofy v zdravotníckej a sociálnej praxi tu pripomeňme tiež špecifikum zdravotnej starostlivosti v prípade riešenia akútnych situácií a katastrof – riešenie týchto situácií možno nazvať aj pretekmi s časom, kedy účastník danej situácie má očakávať nečakané. Práve očakávanie nečakaného dáva impulz k budovaniu všeobecných zručností **sledovať, predvídať, komunikovať, konať**. Aj tu je dôležité postupovať, podľa zavedených jasných **algoritmov** a pravidiel – tie majú za cieľ úsporu času. Uvedená situácia je veľmi sťažená, najmä keď na jedného lekára alebo zdravotníckeho pracovníka pripadá veľké množstvo zranených. Pripomeňme, individuálne vnímanie bolesti zo strany pacienta. Práve preto aby sa získal a nestrácal v danom priestore čas je dôležitý profesionálny prístup zohľadňujúci sekvenciou logických, jasne definovaných a na seba nadväzujúcich krokov realizovaných zdravotníckym pracovníkom, lekárom, záchranárom pri plnom zachovaní všetkých etických princípov a emocionálnej podpory pacienta.

Práve preto aby sa získal a nestrácal v danom priestore čas je dôležitý viac profesionálny a menej emocionálny prístup zdravotníckeho pracovníka, lekára, záchranára pri plnom zachovaní všetkých etických princípov a emocionálnej podpory pacienta. Na obrázku 2 prezentujeme schematický diagram definujúci kroky na základe dostupných dát. Dostupné dáta v tomto prípade nie sú zo zdravotnej dokumentácie pacienta ale z vizuálneho zdiagnostikovania pacienta – jeho základných životných funkcií, viditeľných zranení a základných reakcií.

Pri prvotnej identifikácii a triedení veľkého množstva pacientov – pri triage - využíva systém rýchlej identifikácie zdravotného stavu pacienta sledovaním základných životných funkcií v poradí Dýchanie (Respiration) – Cirkulácia (Perfusion) – Vedomie (Mental status) a definujú sa štyri skupiny pacientov podľa akútnosti poskytnutia zdravotnej intervencie s jednotným aj farebným odlíšením skupín pacientov:

- **Zelený – MINOR** – drobné zranenia – odklad riešenia;
- **Žltý – DELAYED** – vážne zranenia – nevyhnutné riešiť, v krátkom čase, avšak zdravotná intervencia znesie krátkodobý odklad;
- **Červený – IMMEDIATE** – veľmi vážne zranenia – nevyhnutné okamžitá zdravotná intervencia, nakoľko nezniesie odklad;
- **Čierny – DECESED** – používa sa pre účastníkov akútnych situácií a katastrof, ktorí sú mŕtvy alebo ktorých zranenia znemožňujú prežitie.

Pripomeňme dôležitosť voľby najbezpečnejšieho možného priestoru pre uskutočnenie akejkoľvek zdravotnej diagnostiky a intervencie, vrátane poskytnutia prvej pomoci.



Obrázok 2 – schematický obraz prvej pomoci pri akútnych situáciách – Triage

Na význam priestoru v zdravotníctve poukážeme na dvoch príkladoch:

- veľký priestor a predstavenie pojmov otvorený a uzavretý priestor,
- bodová lokalizácia.

Otvorený a uzavretý priestor

Predstavme si „dvojčky“ spolu súvisiacich pojmov – v prípade priestoru máme dve možnosti: otvorený priestor a uzavretý priestor, ktorých výhody a nevýhody z pohľadu verejného zdravia sumarizujeme v tabuľke 2.

Vo vzťahu k ochrane života a zdravia upriamme pozornosť čitateľa na zručnosti v priebežnom monitorovaní a vyhodnocovaní dát poukazujúcich na atribút bezpečnosti (- epidemiologickej, - expozičnej, - klimateckej, - kybernetickej, - osobnej) zvoleného priestoru. Z pohľadu dynamiky niektoré javy sú vopred predvídateľné (príklad: počasie, sezónnosť vybraných ochorení), ale sú aj nečakané udalosti (príklad: dopravné nehody, ohrozenie útočníkom alebo zvierateľom a iné). Pripomeňme tiež „zlaté“ pravidlo pri realizácii akejkoľvek intervencie a pomoci – chránim zraneného (ktorému pomáhame) ale chránim aj seba.

Z pohľadu ochrany životného prostredia možno za uzavretý priestor považovať priestor bez ľudskej činnosti ktorá tento priestor ovplyvňuje.

Z pohľadu verejného zdravia za ľudí v uzavretom priestore možno považovať napríklad pasažierov na palube lietadla, cestovateľov na zaoceánskych lodiach. V oboch prípadoch je možná pomoc z externého prostredia, no túto pomoc treba zorganizovať, čo si vyžaduje istý nie malý čas.

Poznamenajme, že mnohé štandardy sú budované na základe skúsenosti a tak napríklad za účelom minimalizácie akéhokoľvek zdravotného rizika každý z pilotov transatlantických letov má iné jedlo.

priestor	výhoda	nevýhoda
otvorený	– možnosť rýchlej pomoci – kompletná dostupnosť – môžem byť online	– rýchle šírenie sa epidemiologických rizík
uzavretý	– karanténne zabezpečuje ochranu neinfikovanej populácie a nešírenie sa epidemiologického rizika mimo daný priestor.	– nemusím byť online – nemusím mať schopnosť dovoliť sa pomoci, – nie je možná rýchla prvá pomoc, potrebujem viac času pre realizáciu prvej pomoci, – obmedzená infraštruktúra a zásoby – súvisiace zdravotné diagnózy – klaustrofóbia

Tabuľka 2 – Porovnanie otvoreného a uzavretého priestoru z pohľadu verejného zdravia

Bodová lokalizácia

S bodovou lokalizáciou sa vďaka existencii moderných technológií stretávame čoraz častejšie. Nevyhnutnosťou tu je precíznosť definovania polohy lokalizácie a spoľahlivosť použitého zdroja bodovej intervencie (napr. laserové operácie, bodová chemoterapia, a iné). Počas danej intervencie sa definujú parametre čas, vzdialenosť, tienenie. Z pohľadu času ide o: expozičný čas, časové okno medzi dvoma ožiareniami, v prípade rádioaktívneho traseru (rádioaktívnej aktívnej kontrastnej látky) sa definuje a sleduje polčas rozpadu. Z pohľadu priestoru ide o definovanie presných súradníc exponovanej plochy, vzdialenosť od zdroja, zabezpečenie tienenia tých komponentov v priestore, ktoré treba pred ožiarovaním chrániť.

Pripomeňme aj skúsenosť epidemiologického charakteru z čias koronavírusu COVID 19, kedy okrem individuálnych diagnostických alebo skríningových údajov o pozitívite pacienta nadobúda dôležitosť i monitoring odpadových vôd jednotlivých priestorových celkov (v kanalizácii z obce, domu a či rezervoáre odpadovej vody v lietadle alebo na zaoceánskom parníku) za účelom odsledovania prítomnosti alebo neprítomnosti rizikového agens. Tu pripomeňme, počas pandémie COVID-19 potvrdenú skúsenosť, že kritické hodnoty vybraných sledovaných parametrov je možno namerať/zachytiť v časovom predstihu, prv než v príslušnej skupine ľudských organizmov sa prejaví daná epidémia.

1.1.2 Priestor a čas z pohľadu dát

Častejšie je slovo priestor u užívateľov moderných technológií asociovaný s kapacitou daného pamäťového média, resp. príslušného súboru, predstavujúceho dáta.

Pripomeňme dve skutočnosti: – množstvo dát vo všeobecnosti
– požiadavka zdravotníctva na dáta

Všeobecný pohľad na množstvo dát

Žijeme v čase / ére exponenciálneho nárastu celkového počtu dostupných dát. V roku 2012 celosvetovo bolo k dispozícii 2,8 ZetaBajtov ($1 \text{ ZB} = 10^{21}$ bajtov = 1 000 000 000 000 000 000 bajtov) z ktorých je skoro polovica nechránených. Predpokladá sa že iba 33% zo všetkých dát môže byť užitočných, pokiaľ by boli analyzované. Analyzovaných bolo iba 0,5% celkovo dostupných dát.

Požiadavka zdravotníctva na dáta

Sledujúc uvedené skutočnosti optikou lekára a pacienta je na mieste otázka opodstatnenosti jednotlivých vyšetrení i potreby „mať čas“ na rýchle a dôkladné zhodnotenie uvedených výsledkov a z nich plynúcich súvislostí. Alternatívnou je otázka „nájdenia“ a dôvery v automatizovaný spôsob vyhodnocovania dát v medicíne, ku ktorej sa vrátíme keď predstavíme možnosti algoritmov umelej inteligencie v medicíne.

Zdravotná dokumentácia pacienta v dnešnej dobe má nie iba „papierovú formu“ ale aj digitálnu formu - uskladnených dát v dátových úložiskách. Pre lekára je dôležitý stály online prístup k požadovaným dátam a schopnosť zdieľania dát pri konziliárnych vyšetreniach. Uvedené si vyžaduje zabezpečenie funkčnosti prepojenia jednotlivých bodov zdravotnej starostlivosti (akútna, primárna, sekundárna, terciárna, lekáreň) a používanie plne kompatibilného softwaru.

Vďaka existencii senzorov a internetovému-telekomunikačnému prepojeniu je možné online sledovanie pacienta. Minimalizujú sa tak epidemiologické riziká kontaktu pacienta s ďalšími pacientami (napr. na malom priestore čakárne) pri návšteve lekára bez straty informácie o pacientovom aktuálnom zdravotnom stave – najdôležitejšie dáta má lekár na online báze k dispozícii. I tu v prípade potreby a rozhodnutia ošetrojúceho lekára je možnosť dať ďalšej interakcie s pacientom telefonicky, resp. prostredníctvom série online komunikačných aplikácií. Pacient pritom môže byť kdekoľvek na svete, tam kde je zabezpečené telekomunikačné spojenie a kde je predpoklad existujúcej (časovo a priestorovo) dostupnej profesionálnej medicínskej infraštruktúry, pokiaľ by jej využitie bolo nevyhnutné. Tu pripomeňme dôležitosť použitých algoritmov, kedy je možné spárovať jednotlivé dáta o aktivite pacienta a o zdravotnej odozve na konkrétnu aktivitu.

1.1.3 Procesný aspekt

Okrem už spomenutého časového a priestorového aspektu spomeňme v troch bodoch procesný aspekt:

- existencia logických pravidiel
- existencia etických pravidiel
- existencia príslušnej legislatívy

Existencia logických pravidiel:

S logickými pravidlami sa stretávame v medicínskom výskume (metodológia výskumu). Medicínsky výskum časovo predchádza uvedenie znalostí do príslušných štandardných diagnostických a terapeutických postupov používaných v medicínskej praxi (primárnej, sekundárnej a terciárnej medicínskej starostlivosti).

Príklad logických pravidiel:

- porovnanie skupín alebo sledovanie skupín v čase; parametre mením po jednom (nie všetky naraz s cieľom rýchlej a jasnej identifikácie zmeny sledovaného celku spôsobenej zmenou konkrétneho parametra);
- technické a algoritmické otázky zberu a spracovania dát.

Tu pripomeňme existenciu štandardných algoritmov:

- výmena hodnôt dvoch čísiel $A=1$, $B=2$. V digitálnom svete potrebujem do pomocnej položky C zapamätať položku A (aby sa mi pri prepísaní s položkou B nestratila, intuitívna zmena z pôvodného $A=1$, $B=2$ na nové $A=2$, $B=1$ sa tak udeje v troch krokoch:

$A=1$, $B=2$, $C=\text{prázdne}$

$A=1$, $B=2$, $C=A=1$

$A=B=2$, $B=C=1$

- príklad binárny strom – algoritmus na zrýchlenie vyhľadávania - poukazujúci na cyklický delenie sledovaného súboru na polovice;
- spracovanie dát sekvenčné a paralelné.

Logické pravidlá práce s dátami schematicky znázorňujeme na obrázkoch 3a a 3b. V prvom znázorňujeme v dynamickej schéme vstup – algoritmus – výstup s uvedením príslušných príkladov vstupu a výstupu ako aj s poukazom na skúsenosť a terminológiu. V druhom znázorňujeme využitie algoritmu binárneho stromu pri procese rýchleho vyhľadávania v telefónnom zozname.

So zdravím (jednotlivca a celej populácie) a životným prostredím priamo súvisia i logické pravidlá:

- vo výskume a vo vývoji
- v budovaní zdravotnej gramotnosti u obyvateľstva
- v budovaní environmentálnej gramotnosti u obyvateľstva.

Mnohé znalosti v prírodných vedách a v medicíne vznikli na základe pozorovania a následného popisu pozorovaných fenoménov. Teória a teoretický model definujúci pravidlá sú verifikované (overené a potvrdené) následným experimentom. Pri existencii viacerých premenných (faktorov ovplyvňujúcich výsledok) je dôležité a logické postupovať krok po kroku: zmením iba jednu premennú a zistím dôsledok zmeny, tak aby som vedel identifikovať príčinu identifikovanej zmeny.

Existencia etických pravidiel:

ide o pravidlá jasne definované, písané a nepísané, univerzálne a s časom nemenné. Etické pravidlá vychádzajú z prirodzeného zákona.

Existencia príslušnej legislatívy:

ide o pravidlá jasne definované, písané a nepísané, medzinárodné a regionálne, odrážajú poznatky príslušných rizík pre spoločnosť a pre jednotlivca.

Pripomeňme na dvoch prípadoch dôležitosť aktívnej predvídavosti zákonodarcu. Už v čase vývoja technológie je nevyhnutné sledovať a predvídať riziká použiteľnosti danej technológie, definovať právne kroky minimalizácie daných rizík. Čitateľ sa mohol stretnúť s dvoma termínmi: virtuálne prostredie, umelá inteligencia.

- **virtuálne prostredie.** So vzrastom používania a komunikácie prostredníctvom internetu, sociálnych sietí, so zavedením e-obchodu s poklesom osobného sociálneho kontaktu sa zaužíval pojem života vo virtuálnom prostredí, vo virtuálnom svete. Legislatívny proces, reflektujúci dynamiku javov, definujúci pravidlá si vyžaduje svoj čas a tak prvé zákonné normy týkajúce sa pravidiel konania a ochrany vo virtuálnom svete vstúpili do platnosti s časovým opozdením. Poznáme zákonné normy na ochranu osobných údajov, na používanie virtuálnych platidiel a iné.
- **umelá inteligencia** je v dnešnej dobe často spomínaný termín. So zavádzaním algoritmov a postupov spracovania veľkého množstva dát umelou inteligenciou a metódami strojového učenia do praxe

súvisí i nevyhnutnosť jasne definovanej právnej regulácie danej techniky (tu uvedené je možno usku-
točniť pri pochopení procesov a ich rizík, pri silnej kooperácii odborníkov IT sveta, morálneho a legis-
latívneho sveta). Tu pripomeňme, že ľudské myslenie a konanie reflektuje morálne hodnoty a zásady.
Konštruktérom človeka je Stvoriteľ. Umelá inteligencia reflektuje iba to, čo má naprogramované. Kon-
štruktérom umelej inteligencie je človek.

Pripomeňme t.č. platnú legislatívu – vybrané zdravotné zákony:

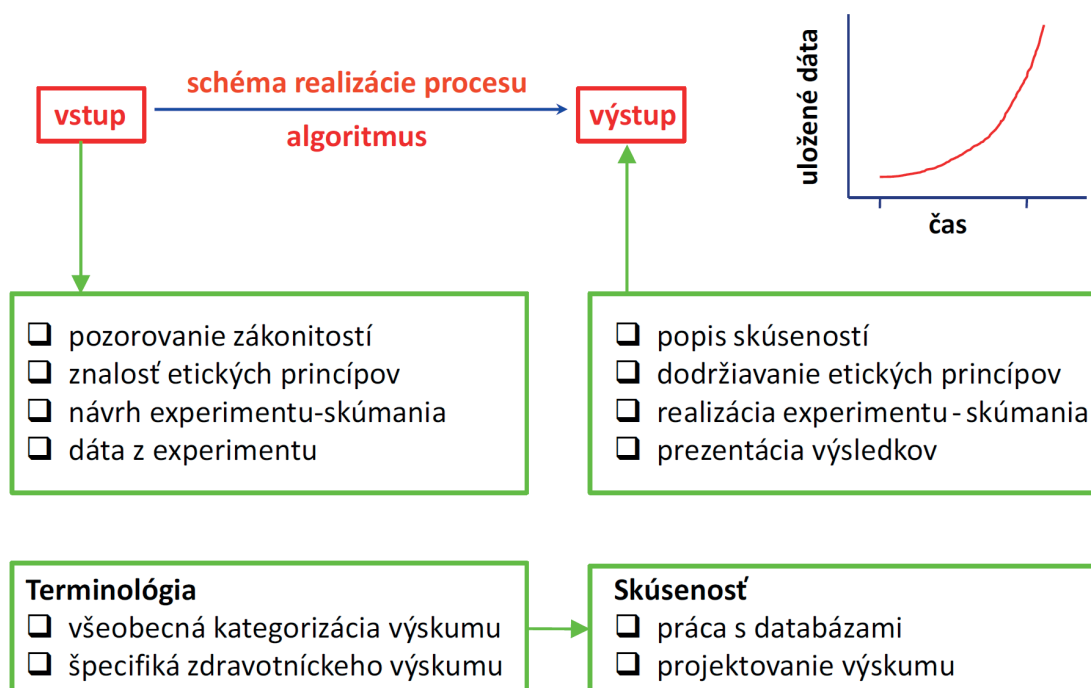
- zákon č. 576/2004 Z.z. o zdravotnej starostlivosti, službách súvisiacich s poskytovaním zdravotnej sta-
rostlivosti a o zmene a doplnení niektorých zákonov v platnom znení,
- zákon č. 355/2007 Z.z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niekto-
rých zákonov, v platnom znení,
- zákon č. 185/2015 Z.z. Autorský zákon a iné
(tu pripomeňme, že zdravotná dokumentácia nie je autorským dielom lekára).

Tvorba štandardov

Tu uvedené procesné aspekty sú základom pre tvorbu príslušných štandardov definujúcich okolnosti, činnosti
a kompetencie. Je pochopiteľné, že sa s dynamikou vedeckého poznania dochádza k aktualizácií jednotlivých
štandardov pri rešpektovaní nemennosti etických štandardov.

Z množstva štandardov pripomeňme:

- A** – algoritmus riešenia akútnych situácií a katastrof vrátane už spomenutých procesov S-T-A-R-T (Simple Tria-
ge And Rapid Treatment) a princíp Triage založený na rýchlej identifikácii a intervencii prioritizujúcich zdra-
votné stavy ktoré neznesú odklad v riešení (sekvencia priority: akútna zranenia vyžadujúce rýchlu inter-
venciu, zranenia vážne ktoré znesú časovo krátky odklad, zranenia ľahké ktoré znesú časovo dlhší odklad).
- B** – štandardné diagnostické a terapeutické postupy vydané MZ SR – podrobne definujúce management pa-
cientsa s jednotlivými diagnózami a kombináciami viacerých pridružených diagnóz (komorbidít).

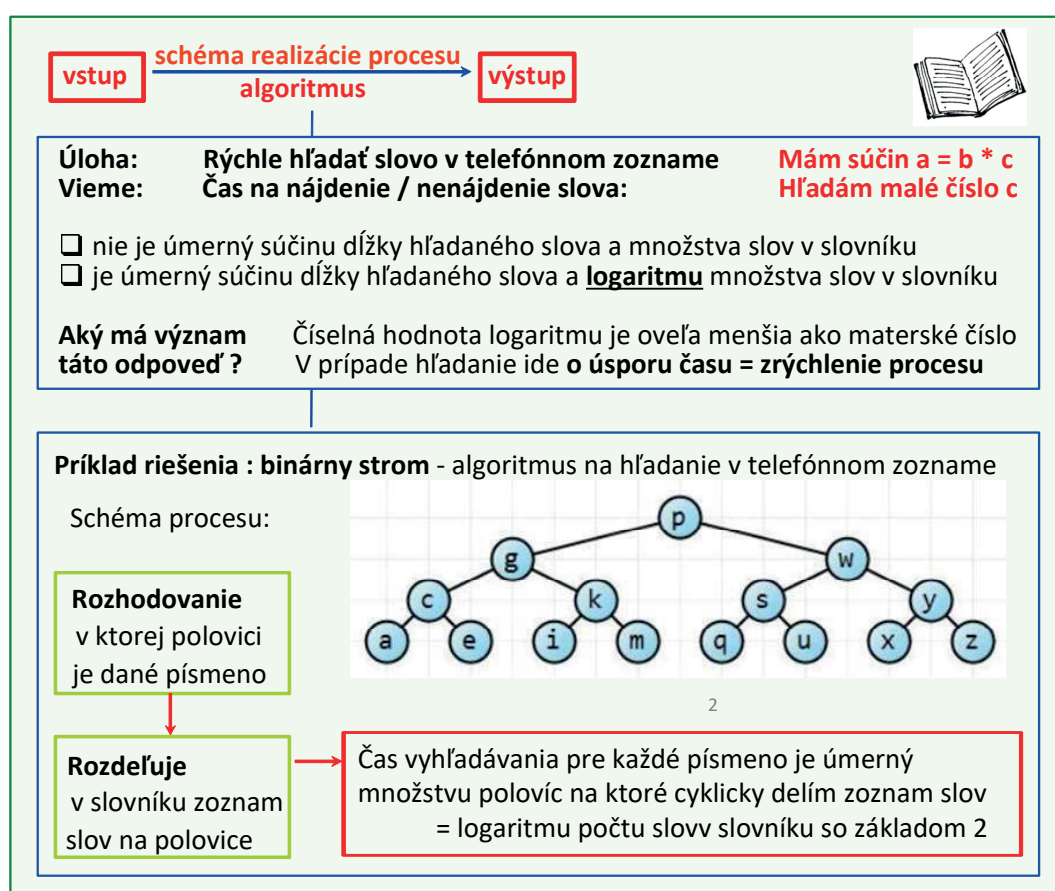


Obrázok 3a – Schéma realizácia procesu s dátami. Obrázok pripomína tri skutočnosti:
– exponenciálny časový nárast množstva dát vo svete
– vybrané vstupné a výstupné skutočnosti
– úlohu skúsenosti

Na záver tejto podkapitoly predstavíme dva obrázky:

- na obrázku 3a – schéma realizácie procesov s dátami s poukazom na už spomenuté množstvo dát a na pojmy vstup – algoritmus – výstup.
- na obrázku 3b – proces hľadania slova v telefónnom zozname a schému riešenia – algoritmus binárny strom.

Idea je v cyklickom delení telefónneho zoznamu na polovice - pri každom delení telefónneho zoznamu tak získavame jednu polovicu, ktorá nás už v ďalšom kroku nebude zaujímať (lebo tam sledované písmeno nie je) a druhú polovicu s ktorou ďalej pracujem (a ďalej hľadám sledované písmeno). Náš cieľ je v skrátaní času hľadania. Tu použité kroky - algoritmus binárny strom je bežne používaný vo všetkých dostupných vyhľadávacích a knižničných systémoch. Zdokonaľované verzie algoritmu pracujú aj s možnosťou identifikácie preklepu v uvedení známych slov a textov (následnom doplnení chýbajúceho písmenka a pokračovaní v hľadaní).



Obrázok 3b – Algoritmus hľadania slova v telefónnom zozname. Schematický obrázok abeceda a binárny strom.

Tri kroky riešenia zadanej úlohy:

1. parametre: a =čas, b =dĺžka slova, c poukazuje na množstvo slov
2. zadanie úlohy: zrýchliť hľadanie = zmenšiť číslo a
3. riešenie úlohy: ak nemôžem zmeniť dĺžku hľadaného slova, potrebujem zmenšiť číslo c voľbou vhodného parametra poukazujúceho na množstvo slov = použijem logaritmus

1.2. Riziko a management rizík

Na pozadí akéhokoľvek medicínskeho, ošetrovateľského a verejno-zdravotníckeho snaženia sú dve skutočnosti:

- základná snaha zdravotnej starostlivosti – voľba realistického postupu pre dosiahnutie k nule blížiaco sa rizika. Príprave sme individuálnosť každého jedinca a neexistenciu absolútne nulového rizika akejkoľvek zdravotnej intervencie,
- existenciu množstva premenných definujúcich zdravotný stav jednotlivca, ako aj dynamiku zdravia (človek nie je buď zdravý alebo nie zdravý, zdravie je spektrum).

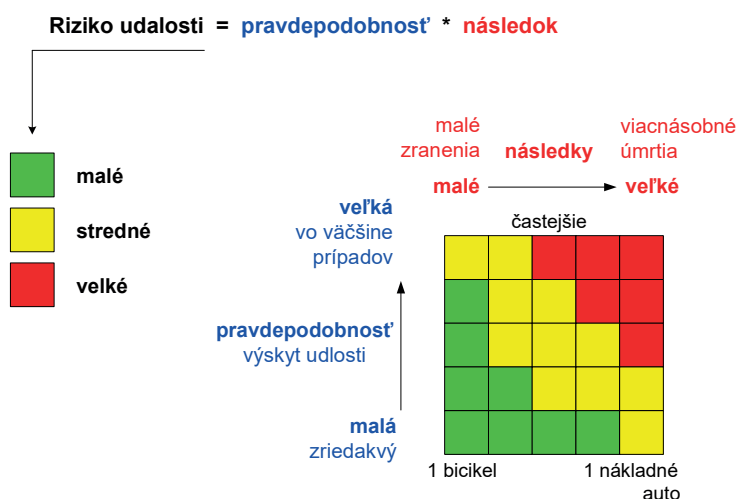
Za často uvádzanými pojmami „neinvazívny“, „najoptimálnejší“ je schovaná snaha dosiahnuť nulové, alebo aspoň minimálne riziko. Matematicky riziko môžeme definovať nasledovne:

Riziko = pravdepodobnosť násobená následkom.

Kedže v zdravotníckych disciplínach sa s pojmom riziko často stretujeme môžeme si ho predstaviť na príklade matice rizík.

Majme štvorcovú maticu typu 5x5, tak ako je znázornená na obrázku 4. Uvažujem hypoteticky príklad chodca prechádzajúceho kolmo cez cestu kde nie je dopravné značenie ani dopravná signalizácia. Nechajme po ceste prechádzať cyklistov (najprv jedného a neskôr viacerých) a ťažké nákladné auto (najprv jedno a neskôr viacero). Ideálny prechod cez cestu je bezpečný s nulovým rizikom, t.j. v čase keď cestou nepôjde žiaden cyklista a žiadne nákladné auto, vtedy nemôže dôjsť k žiadnej kolízii, resp. zrážke. So zvyšujúcim sa množstvom cyklistov alebo nákladných áut rastie pravdepodobnosť ich kolízie s chodcom. Pripomeňme, že pravdepodobnosť je jednou z dvoch premenných v matematickom vzorci definujúcom riziko, tou druhou premennou sú následky zrážky. Maticu rizík čítajme zo spodnej ľavej strany (najmenšie riziko, znázornené zelenou farbou) dvoma smermi na obrázku v smere vertikálnom / zvislom (vzostupný nárast pravdepodobnosti zrážky) a v smere horizontálnom / vodorovnom (vzostupný nárast následkov zrážky). Jednotlivé segmenty matice tak môžeme farebne označiť a definovať malé, stredné a veľké riziko. Zopakujeme už spomenuté dve skutočnosti:

- základnú snahu medicíny – voľba realistického postupu pre dosiahnutie k nule blížiaco sa riziko,
- existenciu množstva premenných definujúcich zdravotný stav jednotlivca



Obrázok 4 – Matica rizika v schematickom obraze. Na obrázku zvyrazňujeme tri skutočnosti:

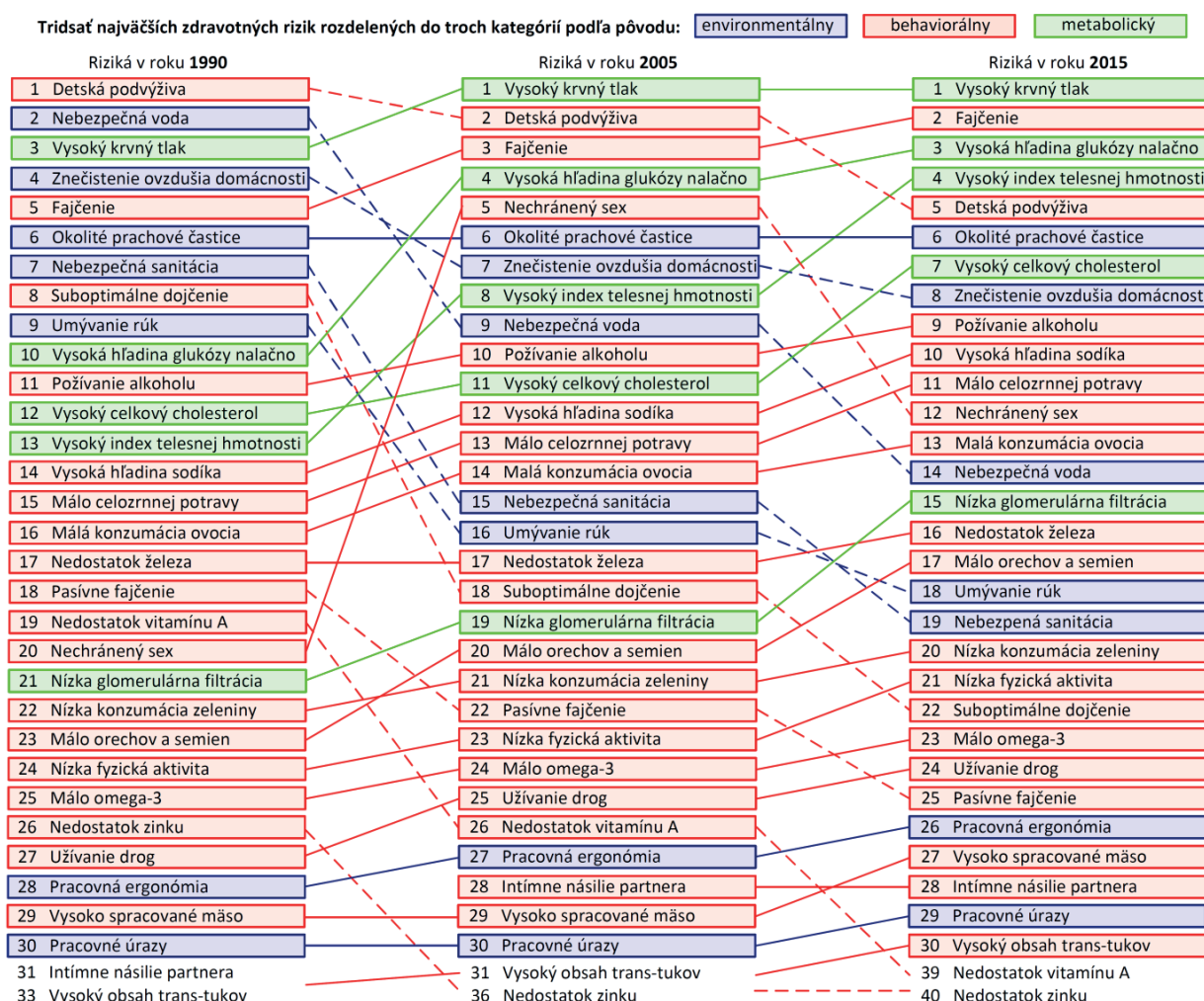
- matematicky definujeme pojem rizika
- tri stupne rizika (malé-zelené, stredné-žlté, vysoké-červené)
- v matici rôznym možnostiam zrážky chodca prechádzajúceho cez cestu priradujeme príslušný stupeň rizika zrážky. Uvažujeme dve premenné: množstvo a typ po ceste prechádzajúceho dopravného prostredku. Hodnoty pre množstvo sú málo=jeden, veľa=tri. Typ dopravného prostredku bicykel=zrážka s ním je menšie riziko, než zrážka z nákladným autom. Účastníkmi zrážky sú minimálne dve osoby - chodec a cyklista alebo chodec a vodič nákladného auta. Následkom zrážky môžu byť zranenie/zranenia, od malého po viacnásobné, ale aj úmrtie/úmrtia.

1.2.1 Významné zdravotné riziká v čase

Vďaka množstvu systematicky zozbieraných dát z porovnaní rôznych faktorov vznikla aj štúdia „Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2015: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015“ publikovaná v roku 2016. Uvedená štúdia vznikla ešte v čase pred pandémiou koronavírusu COVID 19. Najdôležitejším výsledkom je na obrázku 5 znázornený zoznam časového priebehu výskytu diagnóz. Jednotlivé zdravotné riziká autori včlenili do troch kategórií: **environmentálne**, **behaviorálne** a **metabolické**. Prvé miesto patrí vždy diagnóze s najväčším výskytom/rizikom. Porovnávajú sa tri od seba dostatočne časovo vzdialené obdobia 1990, 2005, 2015, ktoré boli autormi sledované. Na sledovanie časového priebehu zdravotných rizík slúžia čitateľovi spojovacie čiary nasledovne:

- plná čiara = zvyšujúce sa alebo nemeniace sa riziko,
- prerušovaná čiara = znižujúce sa riziko.

Pokiaľ sa zvyšuje riziko – jeho poradové číslo sa znižuje. Pokiaľ sa znižuje riziko – jeho poradové číslo sa zvyšuje. Nielen táto uvedená štúdia, ale aj mnohé ďalšie štúdie dokazujú nevyhnutnosť interdisciplinárneho pohľadu pri vyhodnocovaní jednotlivých situácií.



Obrázok 5 – priebeh zdravotných rizík/diagnóz podľa štúdie A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. Autori štúdie porovnávajú tri od seba dostatočne časovo vzdialené obdobia 1990, 2005, 2015. Na sledovanie časového priebehu rizík slúžia čitateľovi spojovacie čiary nasledovne:

- plná čiara = zvyšujúce sa, alebo nemeniace sa riziko,
- prerušovaná čiara = znižujúce sa riziko.

Z pohľadu ochrany zdravia súvisiaceho so životným prostredím, resp. životným štýlom odporúčame čitateľovi sledovať priebeh týchto troch rizík:

- Fajčenie: 5 (1990), 3 (2005), 2 (2015)
- Vysoký index telesnej hmotnosti 13 (1990), 8 (2005), 4 (2015)
- Vysoká hladina glukózy nalačno 10 (1990), 8 (2005), 3 (2015)

K otázke časovo dlhodobej expozície vybraných fyzikálnych parametrov sa budeme venovať v samostatnej kapitole.

Pripomeňme, že práve v medzinárodnom časopise Lancet sa vyskytuje množstvo, časovo aktualizovaných štúdií globálneho charakteru – aktuálne pre dynamiku tretieho tisícročia - a tak nie je divu, že ide o publikácie rozsiahleho kolektívu autorov – tu uvedená práca je výsledkom snaženia 640 autorov z celého sveta. Táto i iné štúdie jasne poukazujú na nezanedbateľnosť progresu rizík, resp. nevyhnutnosť sledovania rizík.

Tu pripomeňme, že uvedená tabuľka má ilustračnú a didaktickú úlohu. V dynamike života sa objavilo aj nečakané ochorenie COVID-19 – koronavírus (ktorému a ešte budeme venovať), ktoré v tejto schéme autori neuvádzajú, lebo ho ešte nepoznali.

1.2.2 Významné ekologické riziká v čase

Paralelne so spomenutými zdravotnými rizikami tu sú ekologické riziká, riziká spojené so stavom životného prostredia zloženého z pôdy, vody, vzduchu a daným špecifikám charakterizovaným:

- geografickými a meteorologickými danosťami lokality;
- jedinečným ekosystémom v podobe vegetácie a živočíchov adaptovaných na klimatické pomery danej lokality;
- ľudskou činnosťou ovplyvňujúcou životné prostredie.

Ide o riziká v danom mieste a čase, so svojou vlastnou dynamikou o ktorej sme sa zmienili aj pri predstavení výsledkov experimentu profesora Wenera Lindingera s metódou online monitoringu pomocou PTR-MS. Sú to práve dáta, výstupné hodnoty z meraní a pozorovaní – ktorých analýzou možno získať:

- a) časovú informáciu o základných ekologických parametroch rôznych lokalít,
- b) mapu rizík, časovo rýchle odstrániteľných,
- c) mapu rizík, ktorých oprava v čase bude zložitá a výsledok opravy „nejasný“.

Nezanedbateľný vplyv na definovanie zdravotných rizík majú aj riziká iniciované dynamiku zmien životného prostredia ktoré sú často odpoveďou na intenzívnu a niekedy aj neekologickú ľudskú činnosť. Vďaka dátam zozbieraným cez desaťročia je možno identifikovať i tie závažné zmeny, ktoré boli v krátkom časovom okamihu nepostrehnuteľné. Príkladom je aj publikovaná séria správ o globálnom otepľovaní.

Zvyšovanie teploty v priebehu času s rôznym vplyvom na rôzne miesta je vážnym problémom. Moderná technológia umožňuje bezkontaktné meranie teploty. Údaje získané zo satelitných snímok Zeme sa môžu použiť na vytvorenie časovej mapy teplotných zmien jednotlivých častí planéty (<https://climate.nasa.gov/>).

Nezávisle tieto snímky zachytávajú aj ďalšie rizikové oblasti - napríklad veľké lesné požiare, ku ktorým došlo v roku 2019 v amazonských dažďových pralesoch a ktoré sa často označujú ako pľúca planéty.

V tabuľke 3 založenej na údajoch IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC 2019) sa uvádzajú predpovede dôsledkov zvýšenia globálnej teploty o 1,5 °C a o 2,0 °C. V poslednom stĺpci zvýrazňujeme zvýšenie závažnosti nárazu medzi 1,5 °C a 2,0 °C. Je vidieť, že postupný nárast teploty len o 0,5 °C je významný.

Aj keď ide o predpovede, sú založené na výpočtoch pomocou zložitých modelov. Vďaka pokroku v počítačovom hardvéri, algoritmoch, modeloch a zbere vstupných údajov je možné dnešné predpovede modelov robiť presnejšie ako v minulosti.

Uznávaný slovenský klimatológ profesor Milan Lapin poznamenáva, že vedci sledujú problém globálneho otepľovania už asi 30 rokov. Postupom času sa predpovede výpočtov naplnili - stávajú sa realitou. Vyhliadky bez naliehavých opatrení na medzinárodnej úrovni nie sú veľmi optimistické. Citujúc profesora Lapina o relevantnosti údajov o zmene klímy:

„Konkrétny mesiac extrémneho počasia nie je dôkazom zmeny klímy. Štatistické charakteristiky zmien priemeru a frekvencie extrémov počasia za najmenej 30 rokov však poukazujú na takúto zmenu“.

Zvýšenie globálnej teploty povedie aj k významným zdravotným a epidemiologickým rizikám, a to priamo v dôsledku následkov otepľovania, ako aj nepriamo v dôsledku zvýšenej migrácie. V tabuľke 3 si napríklad všimnite 200 % nárast počtu hmyzu medzi 1,5 °C a 2 °C.

Sledovaný parameter	vzrast teploty o 1,5 °C	vzrast teploty o 2,0 °C	rozdiel
Dostupnosť vody – koľko obyvateľov územia bude cítiť extrémne suchu	350 miliónov	410 miliónov	60 milión = 18% nárast
Extrémne počasia – percentuálny nárast povodní	100 %	170 %	70 % nárast
Teplo – vlna extrémnych horúčav minimálne každých 20 rokov, ktorú zažíva % obyvateľstva	9 % 700 milión ľudí	28 % 2 bilión ľudí	212% nárast
Stúpanie hladiny morí – do roku 2100 – postihnutí ľudia	48 cm 46 milión ľudí	56 cm 49 milión ľudí	nárast 8 cm = 16.7% 3 mil = 6.5% ľudí
Severný ľadový oceán – nastane leto bez morského ľadu	raz za 100 rokov	raz za 10 rokov	
Druhy zvierat – ovplyvňuje hmyz – ovplyvňuje rastliny – postihuje stavovce	6% 16% 4%	18% 16% 8%	200% nárast bez zmeny 100% nárast

Tabuľka 3 – vybrané riziká globálneho otepľovania, nárast podľa ipcc

Rovnako ako sa vzduch môže šíriť priestorom bez hraníc (v závislosti od atmosférických podmienok), v priebehu času aj hmyz môže šíriť choroby bez hraníc. Zo skúseností vieme, že za šírenie chorôb je často zodpovedný hmyz a vtáky. Horúčka dengue, malária, horúčka západného Nílu, infekcie typické pre severnú Afriku, Indiu alebo juh Európy sa presúvajú viac na sever. Všimnite si, že podľa našich najlepších vedomostí nie sú v čase písania tejto monografie k dispozícii žiadne vakcíny proti mnohým z týchto chorôb.

Tak ako fotografovi znázorňujúcemu v ateliéri jablko stačí ak sa naň pozrie z iného uhlu, obraz je iný, stále ide o to isté jablko - keďže ľudské aktivity, kde cieľom niektorých je aj produkcia zisku, nie je jednoduché motivovať jednotlivcov k často radikálnym a niekedy finančne náročným zmenám.

Časom overená fráza – veci sa ľahko pokazia, ale ťažko opravujú sa i tu potvrdzuje spolu s ľudskou vlastnosťou – hľadať dôvody, ako niečo nejde urobiť – argumenty tu sú jednoduché a aj pravdivé – v optike daných argumentov preto na vedeckej úrovni s podporov dát – možno situáciu interpretovať aj takto:

- a) s poukazom na množstvo externých faktorov vplývajúcich na detekované riziko,
- b) s poukazom na predpoklad adaptability k postupne sa meniacemu ekosystému – iniciujúci názor, že riešenie možno posunúť.

Pokiaľ sme v prípade zdravotných rizík čitateľovi dali zrozumiteľne uvedený „rebríček rizík, kde prvé miesto predstavuje najväčšie riziko“ tu neuvedieme žiadnu štúdiu – poukážeme na zoznam už dosiahnutých, často realizovateľných krokov v starostlivosti o vodu, pôdu a vzduch:

Voda: štandardom je technika čistiarni odpadových vôd;

Vzduch: štandardom v dnešnom čase je používanie:

- katalyzátorov výfukových plynov automobilov,
- bezolovnatého benzínu,
- filtračných systémov v priemyselných podnikoch, filtre na komíny, čistiare odpadových vôd,
- „ohľaduplná“ preprava prachového materiálu;

Pôda: tu pripomeňme, že pôda je najdokonalejším filtrom, preto pri kontaminácii pôdy nemožno zabúdať na kontamináciu podzemných vôd čomu sú prispôbené technické parametre riešení pri budovaní skládok odpadu, vrátane skládok nebezpečného odpadu - vrátane technických požiadaviek ktoré sú legislatívne spracované a v súlade s novými vedeckými poznatkami aktualizované.

Paralelne ako pri sledovaní zdravotného stavu populácie, tak aj pri sledovaní ekologického stavu regiónu, krajiny i planéty je dôležitá prevencia. Výsledkom dobrej prevencie je voľba „environmentally friendly“ riešenia, tj. neprodukovanie odpadu, energetická nenáročnosť výroby, ako aj zastavenie plánov na realizáciu pre životné prostredie „neunesiteľných“ aktivít. Podporným argumentom pri efektívnej prevencii sú práve dáta, preto v našej monografii kladieme dôraz na dáta a na možnosti rýchleho a presného spracovania veľkého množstva dát.

Prezentácia environmentálnych rizík. Z množstva možností, tu uvedenie iba tri príklady - informácie z rôznych zdrojov fokusujúcich záujem na rôznu cieľovú skupinu:

- vo vedeckom článku z roku 1896:
vedecká práca Steva Arrheina, prvý krát definujúcu problém globálneho otepľovania vo vedeckej komunite;
- v populárno-náučnom filme z roku 1958:
filmové spracovanie Francka Capra s titulom „The Unchained Goddess“ – predstavuje fenomény a procesy v zemskej atmosfére – jedna z prvých ucelených informácií pre širšiu verejnosť o environmentálnych a ekologických rizikách spojených s rozmachom ľudskej aktivity zasahujúcim všetky oblasti ľudského života;
- V ekonomickom denníku z roku 2005:
Ian Sample v článku The father of Climate change publikovanom v The Guardian prezentuje časovú os významných environmentálnych zistení poukazujúcich na rastúce riziko klimatických zmien od roku 1898.

Prvým krokom v eliminácii rizík je znalosť o existencii rizika v podobe dostupných dát, ktorými sú:

- citlivými prístrojmi namerané individuálne dáta, ale aj
- výsledky matematických modelov/predpovedí – tu použité hodnoty premenných poukazujú na akcelerujúci, alebo brzdiaci vplyv na priebeh sledovaných rizík.

Varovaním o existencii a dynamike globálneho rizika sú vedecké reporty a štúdie. Spomedzi viacerých spomenieme: „Indicators of Global Climate Change 2022: Annual update of largescale indicators of the state of the climate system and the human Influence“ štúdiu skupiny autorov Piers M. Forster a kol., 2023 upozorňuje, že:

- nárast teploty planéty je viac ako 0,2 °C za jedno desaťročie;
- pri súčasnom tempe emisií skleníkových plynov kritickú hranicu otepľovania o 1,5 °C ľudstvo dosiahne už o pár rokov;
- predovšetkým v dôsledku využívania fosílnych palív, sa planéta v rokoch 2013 až 2022 oteplila v priemere o 1,14 °C oproti predindustriálnej dobe. V samotnom roku 2022 išlo o 1,26 °C;
- hranica 1,5 °C by mohla byť dosiahnutá v priebehu najbližších desiatich rokov. Prekonanie tejto teplotnej hranice spustí nezvratné zmeny po celom svete.

Efekt „nasadenej liečby“ planéty v podobe definovania, zavedenia do praxe, dodržiavania prísnych opatrení (vrátane kontrolovania ich dodržiavania) je dlhotrvajúci – na prejavenie sa pozitív treba čakať, väčšinou ide o zníženie sklonu v krivke vzostupu rizikových parametrov, prípadne o detekovateľný postupný pokles.

Podľa spomenutej štúdie opatrenia už prijaté na globálnej úrovni zatiaľ nedosahujú taký rozsah aby došlo k významnej zmene smeru ľudského vplyvu na energetickú nerovnováhu planéty a z nej vyplývajúce otepľovanie. Autori tiež uvádzajú hodnoty rekordných emisií skleníkových plynov: i) v rokoch 2012 až 2021 – približne 54 miliárd ton, ii) iba v roku 2021 – 55 miliárd ton.

Podoba ako z pohľadu ľudského zdravia a chronického ochorenia (ktorého následky nie sú ihneď viditeľné) aj efekt ekologických následkov nie je viditeľný ihneď a zväčšuje sa tak pravdepodobnosť ignorovania daných rizík.

Pripomeňme platnosť tvrdenia týkajúceho sa hladiny škodlivých látok a definovania limitných a podlimitných koncentráciách: pre ľudské zdravie je akákoľvek merateľná a veľmi malá hodnota prítomnosti nežiadúcej látky rizikom. Tiež pripomeňme, že ak sa meraním prítomnosť nežiadúcich látok v organizme nepotvrdila, to nevylučuje existenciu nemerateľného množstva príslušnej látky.

1.2.3 Významné riziká pri práci s dátami

Poznáme tri základné procesy s dátami:

- zber dát,
- spracovanie dát,
- ukladanie dát.

Algoritmy eliminácie rizík spojených so zberom dát ilustrujeme na zisku rtg snímku:

Okrem objavu x-ray lúča a „benefitov“ jeho využitia (zisk obrazu anatomickej štruktúry vybraných tkanív bez potreby operačnej intervencie) po identifikovaní nezanedbateľných „rizík“ bolo vhodným nastavenie parametrov: čas (doba expozície a intervaly medzi expozíciami), vzdialenosť (medzi žiaricom a terčom) a zabezpečením presnej fokusácie lúča (žiarenia s presne definovanými/nastavenými fyzikálnymi parametrami) na geometrické časti organizmu pacienta ktoré potrebujem ožiať spolu so zabezpečením tienenia od zdroja žiarenia aby boli minimalizované nezanedbateľné „rizika nekontrolovateľného používania danej techniky“. Dôležité je sledovanie eliminácie rizík žiarenia na pacienta, tak aj na zdravotníckeho pracovníka. O dôležitosti sledovania a minimalizovania uvedených rizík svedčí aj publikované porovnanie nárastu použiteľnosti žiarenia v medicíne, preto sa danej oblasti budeme podrobnejšie venovať v samostatnej kapitole.

Algoritmom na minimalizáciu rizika spojeného so spracovaním dát je sledovanie zmien s možnosťou identifikácie:

- dátumu a typu zmeny (tu pripomeňme, že aj v prípade existencie elektronickej zdravotnej dokumentácie, podľa štandardných diagnostických a terapeutických postupov existujú overovacie úkony pri lôžku pacienta – príklad test krvnej skupiny priamo v čase pred aplikáciou krvnej transfúzie a iné),
- osoby ktorá vykonala zmenu (uvedené sa uskutočňuje v prípade existencie viacerých prístupov do príslušnej zdravotnej dokumentácie).

Algoritmom minimalizácie rizika spojeného s uskladňovaním dát je v:

- realizácií paralelných kópií na rôznych na sebe nezávislých a vzájomne neprepojených pamäťových médiách,
- tvorbe súborov, tak aby bolo možné zabezpečiť prístupu aj s použitím staršieho softwaru (pripomeňme všeobecné pravidlo: Nová verzia softwaru toho istého typu od tej istej firmy umožňuje „otvoriť“ aj súbory staršej verzie typu, a aj uložiť daný dokument v staršej verzii – tu uvedené v opačnom smere nie je možné (t.j. so starým softwarom neotvoríme súbor vytvorený na novšom softvéri).

Pripomeňme, že na rôznorodosť dát reaguje zavedenie terminológie 3 V alebo 5 V na rozlišujúce dáta podľa veľkosti (volume), rýchlosti prenosu (velocity), rôznorodosti (variety) v klasifikácii 3 V. Pri 5 V klasifikácii sú doplnené ešte o tieto dva parametre pravdivosť (veracity) a hodnota (value).

Doplňme skúsenosťou overené pravidlá, že na minimalizáciu rizík práce s dátami sa používajú vhodné algoritmy a štartovacie dáta sa pred akoukoľvek akciou zálohujú.

Tiež pripomeňme:

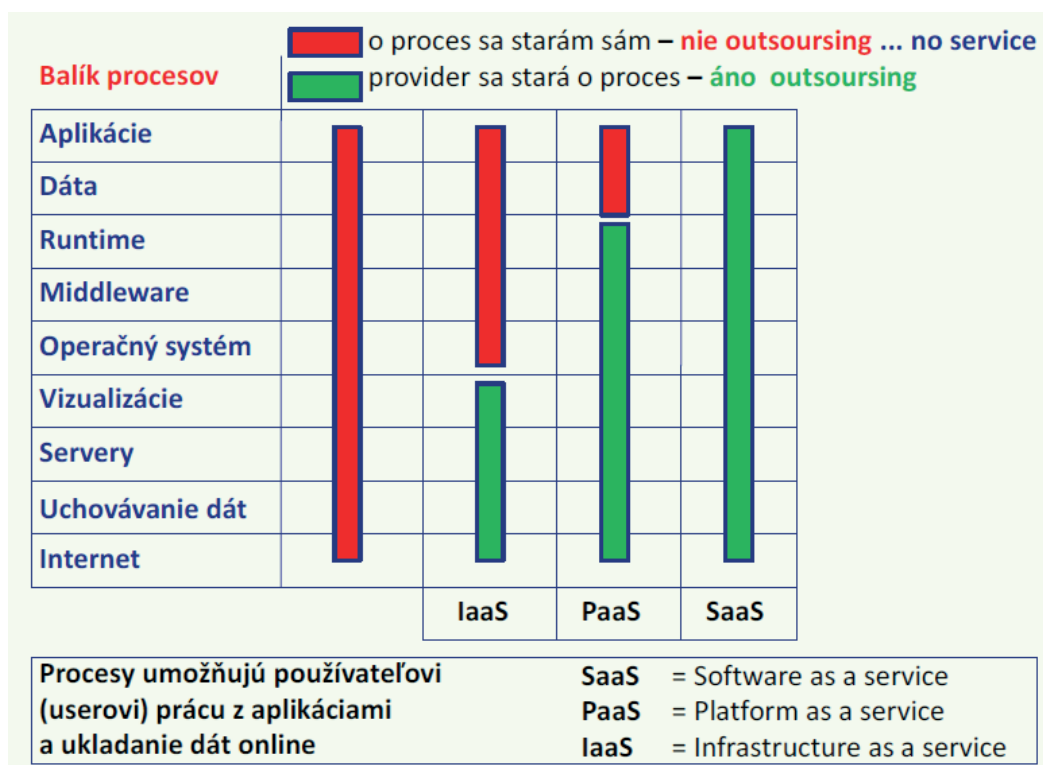
- dôležitosť zabezpečenia konektivity pri práci s dátami nachádzajúcimi sa na vzdialenom úložisku
- dôležitosť compatibility, najmä pri online zdravotných konziliách (lekár, člen konziliárneho tímu sa má sústrediť na riešenie zdravotných problémov a nie hľadať aktuálnu verziu príslušného softwaru – tu je štandard v používaní pdf súborov, akýkoľvek dokument (mimo videa) je možno prezentovať ako pdf.

Pri podpornej činnosti spravovania dátovej siete a dátového úložiska, s nástupom používania zdravotných informačných systémov sa už v procese výberu typu technickej podpory a správy formou outsourcingu – tu je dôležitý výber optimálnej možnosti – jedného z troch bežne používaných variant stavby informačného systému a následnej starostlivosti o informačné systémy (základné možnosti):

- SaaS = Software as a service,
- PaaS = Platform as a service,
- IaaS = Infrastructure as a service.

Na obrázku 6 čitateľovi poukazujeme množstvo rôznych aktivít spojených s bezporuchovou činnosťou informačného systému, ako celku – o uvedené sa môže starať používateľ sám, resp. delegovať spomenutým outsourcingom starostlivosť na IT špecialistov.

Všeobecným špecifikom práce v svete informačných technológií, ako „v malom“ = pri používaní jedného zariadenia počítač, tablet, smartfón, ale aj „vo veľkom“ pri používaní zosieťovaných zariadení je riziko zlého nastavenia, prednastavenia užívateľských parametrov zariadenia a zariadení vrátane rizika výberu zariadenia/systému ktoré nie je možné s dynamikou zmien upgradovať tak aby neklesla „výkonnosť systému“.



Obrázok 6 – používanie informačných systémov – tri stupne outsourcingu.

SaaS = software as a service, PaaS = Platform as a service, IaaS = Infrastructure as a Service

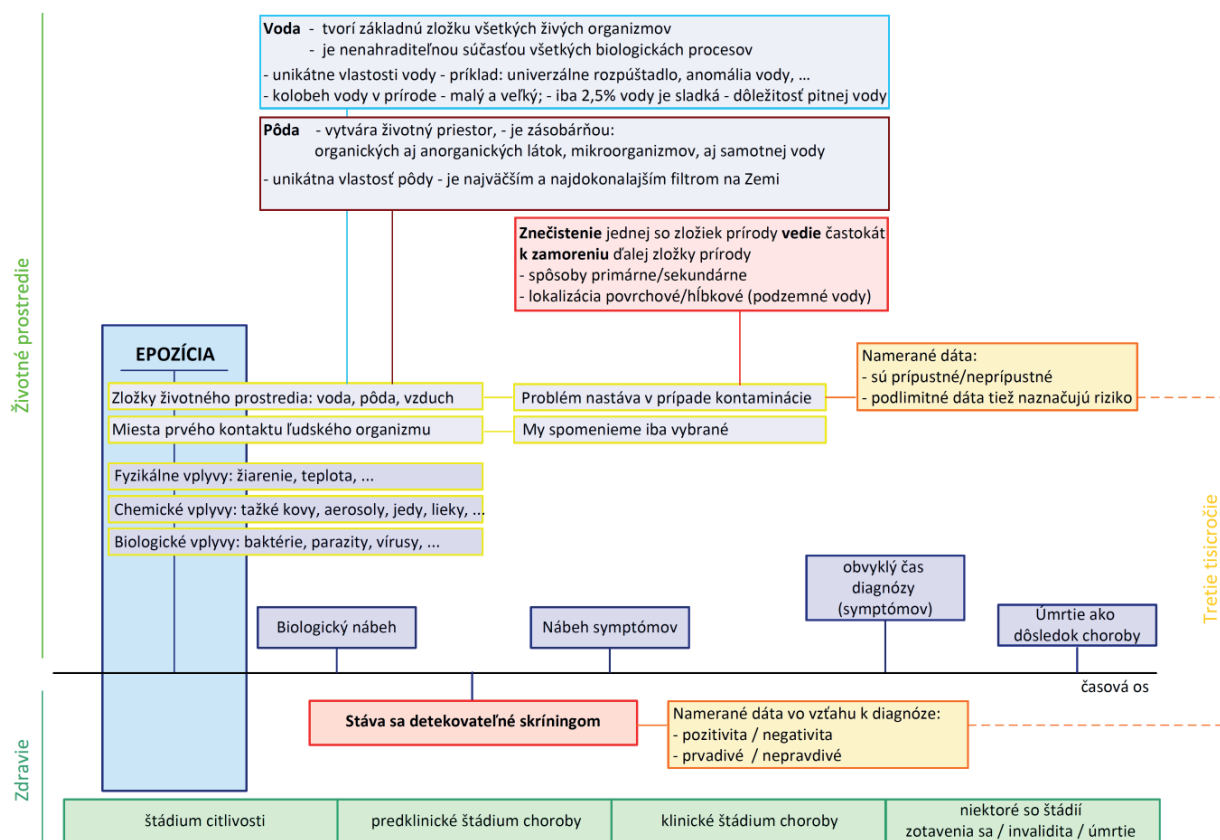
V podkapitole priestor a čas sme na 16-tej strane uviedli tri možnosti pôvodu dát, ktoré sme doplnili o štvrtú – dáta získané procesmi umelej inteligencie. V tejto kapitole fokusovanej na riziká práce s dátami pri znalosti veľkého zoznamu benefitov algoritmov umelej inteligencie musíme poukázať aj na dve základné riziká umelej inteligencie – sú nimi:

- Časový posun medzi objavmi možností umelej inteligencie, (vrátane zavádzania prvých aplikácií) a zavedením účinných legislatívnych mantinelov zabráňujúcich neetické používanie umelej inteligencie;
- Možná nekontrolovateľnosť dominoefektu v procesoch umelej inteligencie (ktoré v najhoršom prípade nebude možné zastaviť) potencionálne spôsobená:
 - a) Neznalosťou základnej schémy používania a princípov umelej inteligencie;
 - b) Nelegálnou a netickou činnosťou vysoko profesioálne zrealizovaných zásahov do schémy algoritmov a procesov umelej inteligencie a následné rozširovanie škodlivých aplikácií umelej inteligencie.

1.3. Zdravie – človek a životné prostredie

Jedna veta „Zdravie – človek a životné prostredie“ v sebe tak ako znázorňujeme na schematickom obraze – obr. 7 skrýva moderné technológie aj zručnosti lekárov, verejných zdravotníkov tematicky zasahujúcich:

- prevenciu – predvídanie rizík;
- diagnostiku – monitoring zdravotného stavu populácie
- a riešenie konkrétnych zdravotných problémov.



Obrázok 7 – schematický diagram Životné prostredie a zdravie. Na časovej osi znázorňujeme všeobecnú schému odozvy organizmu na expozíciu.

Prv než sa sústreďíme na samotné dáta, požiadavky na ich interpretačnú hodnotu, spôsoby ich zisku, definujeme so zdravím (resp. chorobou) súvisiace základné pojmy v samostatných podkapitolách:

- história choroby, prevencia choroby a štádia ochorenia;
- indikátory a determinanty zdravia;
- sociálne aspekty a zdravotná starostlivosť,
- monitoring a skrining;
- diagnostický test, skriningový test;
- selektivita a senzitivita;
- incidencia a prevalencia;
- outbreak.

Uvedené pojmy doplníme o stručnú informáciu súvisiacu s tromi základnými a neoddeliteľnými zložkami životného prostredia – vodou, – pôdou, – vzduchom a monitoringom životného prostredia.

História choroby

História choroby zvyčajne vplyv expozície v priestore a v čase na vznik a progres ochorenia.

Na časovej osi na obrázku 7 začíname dobou expozície (pripomeňme, že v ďalších kapitolách sa budeme venovať dvom príkladom možnej expozície: predstavíme expozíciu častíc a expozíciu žiarenia). Nie každá reakcia organizmu na expozíciu je okamžitá – prejavujúca sa symptómami (ako výnimku možno označiť napr. účinok jedov).

Biologická odozva na expozíciu nie je sprevádzaná vonkajšími symptómami – organizmus „pracuje na plné obrátky“ – aktivuje imunitný systém – uvedené nie je vidieť, nie je cítiť, avšak ako uvedieme v definovaní pojmu skrining – už sme v „časovom okne“ kedy pri použití cielených detekčných procesov možno získať dáta poukazujúce na vznik ochorenia. Práve tu získaný čas je dôležitý pri:

- skorom odhalení ochorenia;
- skorej liečbe ochorenia;
- zväčšenej pravdepodobnosti úspešnosti vyliečenia ochorenia, resp. bezpečného nastavenia dlhodobej liečby.

Na obrázku 7 sú v časovom slede uvedené tiež jednotlivé pojmy definujúce štádium ochorenia.

Prevencia ochorenia

Definovali sme, že ochorenie začína expozíciou. Minimalizovať ochorenie preto možno iba jedným z týchto troch spôsobov, alebo kombináciou dvoch z dole uvedených troch spôsobov:

1. eliminovať expozíciu = vyhýbať sa miestam s rizikom expozície alebo používať mechanické ochranné pracovné prostriedky (napríklad: správne použité masky proti šíreniu COVID-19, správne použité tienenie proti ionizujúcemu žiareniu).
2. pred expozíciou profylaxia – príkladom je očkovanie (vakcinácia) zabezpečujúce časovo obmedzenú alebo neobmedzenú ochranu v prípade následnej expozície.

Pripomeňme:

- i) existenciu časového okna od udalosti zaočkovania požadovanou dávkou očkovacej látky a udalosti zisku imunity vďaka očkovaniu.
- ii) existenciu presných pravidiel a guidelinov pre očkovanie jednotlivých vekových skupín a pre očkovanie proti jednotlivým ochoreniam. Tak napríklad proti ochoreniu tuberkulóza-TBC neexistuje očkovacia látka na očkovanie dospelých ale existuje očkovacia látka pre očkovanie detí.

3. post expozíciou profylaxia – príkladom je použitie protijedu (séra) v prípade uštipnutia hadom

Pripomeňme dynamický vývoj poznatkov o pandémii COVID-19. Pokiaľ nebola dostupná očkovacia látka jediným spôsobom ochrany bolo súbežné/paralelné dodržiavanie troch pravidiel R-O-R = rúška (ochana dýchacích ciest) – odstup (odstup a minimalizovanie sociálneho kontaktu) – ruky (hygiena rúk a minimalizovanie dotykov). Akonáhle existovala očkovacia látka ochrana proti COVID-19 bola dosiahnutá dodržiavaním pravidiel O-R-O = očkovanie-rúška-odstup.

Aj tu platí logická zásada pravdepodobnosť vzniku ochorenia znižujem zvyšovaním počtu ochranných pravidiel.

Štádiá ochorenia

Hore uvedené skutočnosti možno vyjadriť aj všeobecne používanou štvorstupňovou kategorizáciou časových štádií ochorení – ide o:

1. rýchlo liečiteľné ochorenie – bežné ochorenie, ktorého liečba netrvá dlhý čas, a človek je plne vyliečený;
2. dlhodobo liečiteľné ochorenie – vážnejšie ochorenie, ktorého liečba vyžaduje dlhší čas, aj tu je liečbou človek plne vyliečený;
3. neliečiteľné ale zmanažovateľné ochorenie, príklad diabetes – človek sa naučí s daným ochorením žiť (rešpektujúc pravidlá a obmedzenia dlhodobo nastavenej liečby);

4. neliečiteľné ochorenia (už niejedna rodina sa stretla s včas nediagnostikovanou formou rakoviny, žiaľ už v terminálnom štádiu, v čase písania tejto monografie ešte stále neexistuje všeobecný liek na rakovinu).

Práve slovo „časové štádia“ ochorenia je tu dôležité. Pripomeňme priamu matematickú závislosť dvoch parametrov:

- a) včasnej identifikácie ochorenia (napríklad prostredníctvom celoplošného skríningu, ktorý si tu tiež popíšeme),
- b) zvýšenej pravdepodobnosti zmanažovateľnosti daného ochorenia v danom štádiu.

Je úzke prepojenie medzi individuálnym zdravím a zdravím populácie (verejným zdravím). Najväčšie rizikové faktory sú ak individuálna terapia nezaberá (príklad AMR – otázka antimikrobiálnej rezistencie) alebo ak sa objaví nečakane nové ochorenie (príklad: pandémia koronavírus COVID-19). Tu môžeme poznamenať: predpoklad 10 miliónov úmrtí na AMR ročne (O Nail J, 2014) a skutočnosť 5,5 miliónov úmrtí na COVID-19 za obdobie do októbra 2021 spolu s predpokladmi priebehu ochorenia v závislosti na zvolenej profylaxie.

Indikátory a determinanty zdravia

Zdravie chápeme ako stav organizmu, keď nie je v rámci medicínskych metód u neho identifikovateľná žiadna diagnóza a nemá subjektívne ťažkosti.

V terminologickom úvode zákona 355/2007 Z.z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov sa čitateľ stretne s často opakujúcim sa pojmom – determinanty zdravia. V tejto časti predstavíme „dvojičku“ pojmov determinanty zdravia (ide o rôzne faktory) a indikátory zdravia (tu ide o rôzne parametre).

Determinanty zdravia sú faktory určujúce zdravie, ktorými sú životné prostredie, pracovné prostredie, genetické faktory, zdravotná starostlivosť, ochrana a podpora zdravia, zdravotná gramotnosť a spôsob života.

Indikátory zdravia sú parametre alebo hodnota odvodená z viacerých parametrov, poskytujúca informáciu o určitom sledovanom fenoméne z pohľadu jeho kvalitatívnych vlastností pôsobiach na životné prostredie.

Vlastnosti: jedinečnosť, merateľnosť, spoľahlivosť, reprezentatívnosť, nadčasovosť, správnosť.

Faktory: sociálne a ekonomické, genetické, zdravotná starostlivosť, životný štýl.

Sociálne aspekty a zdravotná starostlivosť

Pri predstavení série pojmov zdravie, determinanty zdravia, história choroby, štádia choroby sme na základe pozorovania a získaných dát popisovali pohľad na dynamiku interakcie jedinca s vonkajším prostredím prejavujúcej sa príslušným zdravotným stavom. Proces prevencie a intervencie spadá pod pojem všeobecné lekárstvo s jeho jednotlivými špecializáciami. Spoločným pojmom pohľadu na zdravie jedinca a na zdravie obyvateľstva je i slovo – umenie. Na začiatku našej monografie sme predstavili meno umelca v medicíne – profesora Vladimíra Krčméryho spolu s poukazom na druhý nie iba medicínsky ale s medicínou súvisiaci sociálny aspekt jeho činnosti – sociálny aspekt poskytovania komplexnej zdravotnej starostlivosti.

Spomenutý sociálny aspekt je jeden z determinantov rôznorodosti expozícií príslušného organizmu v čase a v priestore. Prichádzame tak k umeniu sociálneho lekárstva, ktoré je v sledovaní externých vplyvov vrátane definovania algoritmov minimalizácie a eliminácie rizík z pohľadu obyvateľstva žijúceho na danom území (v regióne, v krajine, na kontinente) a v aktívnych krokoch pomoci.

Zdravie jedinca a zdravie obyvateľstva sú hodnoty ktoré si vyžadujú ako na individuálnej tak aj na celospoločenskej úrovni zodpovedné a uvažované konanie, predvídanie, sledovanie a už spomenuté minimalizovanie expozičných rizík. Dôležitú úlohu tu zohráva tvorba, aktualizácia a dodržiavanie štandardných diagnostických a terapeutických postupov pri stálom dodržiavaní všetkých etických a právnych noriem.

Pre úplnosť definujeme minimálne dve množiny vstupných parametrov používaných pri modelovaní verejnozdravotníckych fenomenov nadväzujúcich na sociálny aspekt starostlivosti o zdravia populácie

Prvá množina – dáta / parametre súvisiace s pacientmi:

1. Demografické údaje a demografická štatistika umožňujúce popis a sledovanie dynamiky demografických procesov a tvorbu predpovedí. Tu pripomeňme dôležitosť demografickej pyramídy, diagramu rozloženia obyvateľstva na sledovanom území v danom čase podľa veku a pohlavia. Vďaka získaným dátam tak možno pri predvídateľných demografických procesoch už aj v časovom predstihu 10 i viac rokov pripraviť príslušnú infraštruktúru na zabezpečenie zdravotných a sociálnych potrieb obyvateľstva. Je pochopiteľné, že pri nepredvídateľných demografických procesoch je treba reagovať neodkladne (príklad: výskyt v spočiatku neznámych epidémií, akou bol COVID-19).
2. Geografické údaje, najmä otázka potravinovej bezpečnosti adaptability obyvateľstva (príklad v regionálnych špecifikách, ako aj v rizikách z dôvodu klimatických zmien).
3. Epidemiologické údaje, najmä znalosť spôsobov prenosu, výskytu, infekčnosti a inkubačnej doby jednotlivých ochorení. Pripomeňme, že prevencia je založená na dobrej znalosti časovej dynamiky príslušného rizika. Neoddeliteľnú úlohu tu zohrávajú presné dáta z kontinuálnej diagnostiky prítomnosti a množstva látok špecifických pre konkrétne epidemiologické riziko v odpadových vodách, tiež dáta o množstve a prítomnosti znečisťujúcich látok v ovzduší a iné.
4. Údaje o chorobnosti – popis dynamiky zdravotného stavu obyvateľstva.
5. Socioekonomické údaje o pacientoch.

Druhá množina – dáta / parametre súvisiace s dynamikou v zdravotnej a sociálnej starostlivosti:

1. Hygienické, sociálne a procesné štandardy. Vo vzťahu k minimalizácii zdravotných rizík prioritne pripomeňme dôležitosť prístupu ku kvalitnej pitnej vode a zručností hygieny rúk ako aj v stravovacích postupoch a návykoch (napr.: nie sú zriedkavé prípady otravy hričmi). Vo vzťahu k minimalizácii sociálnych rizík pripomeňme dôležitosť zabezpečenia kontinuálneho vzdelania každej vekovej skupiny, tiež dôležitosť existencie ubytovania a vhodného pracovného prostredia. Vo vzťahu k minimalizácii rizík spojených s konkrétnou aktivitou sa vyžaduje dodržiavanie príslušných štandardov: – štandardné diagnostické a terapeutické postupy, – pracovné postupy a manuály pre jednotlivé profesie a pracovné činnosti. Špeciálne pripomeňme:
 - Zodpovednosť každého jednotlivca v doprave a v stavebníctve;
 - Dôležitosť proaktívneho prístupu, aby nevznikol úraz. Dôsledky úrazu sú zdravotné (spojené so zdravotnou starostlivosťou) ale aj sociálne (spojené s krátkodobou ale v špecifických prípadoch aj trvalou práceneschopnosťou);
 - Dôsledky nedodržania príslušných štandardov zasahujú vždy viac jedincov (následky dopravnej nehody; následky pracovného úrazu živiteľa rodiny; následky zlej statiky stavieb; následky novej kontaminácie potravín a iné).
2. Sociálno-zdravotná didaktika (výchova k zodpovednosti za zdravie a k zdravému životnému štýlu).
3. Sociálno-ekonomická podpora, zo zákona štát realizuje pravidelné vyplácanie rôznych príspevkov (napr. rodičovský) a dávok (napr. dôchodky) vrátane Zdravotnej starostlivosti.
4. Typy a limity zdravotníckych a zdravotnícko-sociálnych zariadení vrátane kontinuálnej prípravy a ďalšieho vzdelávania zdravotníckych pracovníkov. Z množstva reportov a štúdií môžeme pozornosť čitateľa upriamiť aj na štúdiu o kapacitnej možnosti zdravotníckych zariadení (A. Dietrich a kol. 2020).
5. Expozičné a environmentálne záťaž (otázky pracovného prostredia, problematika dopravy a práce s odpadom).

1.3.1 Expozícia a životné prostredie

Východiskom pre štart a dynamiky rozvoja ochorenia je bez pochyby expozícia. Organizmus na expozíciu odpovedá v princípe iba dvoma spôsobmi – jeho imunitný systém tento externý podnet spracuje a zapojeným obranným mechanizmom bez nasledujúceho vzniku ochorenia „problém“ vyrieši. Ak vnútorne obranné mechanizmy problém „nevyriešia“ nastáva stav diagnostikovateľnej zmeny a nástupu ochorenia s nutnosťou intervencie. Našu monografiu sme začali definovaním priestoru a času. V tejto časti do priestoru, ako konštruktéri, vložme tri najzákladnejšie komponenty životného prostredia - vodu, vzduch a pôdu a ešte aj tri najzákladnejšie faktory možnej interakcie - fyzikálna, - chemická, - biologická. Aj keď nie je našim cieľom do detailov si každú zložku a faktor dopodrobna popísať - základnú terminológiu a základné dáta si predstavíme.

Pôda

Pri predstavení pôdy, vody a vzduchu musíme zdôrazniť že bez nich nie je možný život ľudských organizmov. Niektorí môžu povedať: veď kozmonauti nemajú pôdu a žijú/prežijú – áno nemajú pôdu počas misie ale na vytvorení komponentov potravinového reťazca a potravín nevyhnutných na prežitie je pôda potrebná – kozmonauti pri súčasných misiách si „potraviny berú so sebou“ zo zeme a dokonca aj v kozme s použitím pôdy zo zeme robili prvé biologické pokusy so zemskou pôdou. V prípade vzduchu a vody nik nebude namietat – tie aj kozmonauti používajú a používajú ich aj na zemi žijúci ľudia (na kontinentálnej pevnine i na „opustenom“ ostrove) i ďalšie stvorenstvá (živočíchy a rastliny).

Z množstva definícií pôdy predstavme nasledujúcu: Pôda vytvára životný priestor, je zásobárňou organických a anorganických látok, mikroorganizmov, často aj samotnej vody a tiež je najdokonalejším filtrom. Spomenuli sme výskyt vody a pôdy v jednom čase a na jednom mieste – to otvára priestor pre interakciu – pre životné prostredie je rizikom kontaminácia – kontaminovaná jedna zložka pri styku kontaminuje druhú zložku. Pôvodcom kontaminácie pôdy je človek a jeho činnosti. Definujeme primárnu a sekundárnu kontamináciu, znečistenie.

Najčastejšie techniky dekontaminácie a regenerácie/rekultivácie pôdy sú:

- mechanické odstránenie komplet celej kontaminovanej vrstvy pôdy a nahradenie novou vrstvou,
- neutralizácia chemická ak nie je poškodenie značné.

Predstavme si pôdu zo štyroch uhlov pohľadu:

1. vlastnosti pôdy: základnou vlastnosťou pôdy je schopnosť poskytovať živiny rastlinám, čiže má produkčnú funkciu. Pôda je ľubovoľný trojrozmerný výrez z najvrchnejšej časti pedosféry obsahujúci materskú horninu (substrát).
2. Faktory ovplyvňujúce vlastnosti pôdy sú:
 - horniny
 - klimatické činitele
 - geografické činitele - nadmorská výška, sklon reliéfu a pod.
 - rastliny a živočíchy (tvorba humusu)
 - podzemné a povodňové vodstvo (celoročne, alebo často zmáčané pôdy)
 - človek (hnojenie, zavlažovanie, odlesňovanie)
3. zloženie pôdy: Pôda pozostáva z viacerých zložiek. 50% tvorí voda a pôdny roztok a 50% tvorí minerálny organický podiel. Na vytváraní pevnej časti pôdnej hmoty sa zúčastňuje minerálny podiel a organický podiel. Minerálnu zložku tvoria vyvreté a usadené horniny ako aj premenené horniny. Organickú zložku (1-5% pôdy) tvoria živé rastliny a živočíšne organizmy a neživá organická hmota. Navzájom sa obmieňajú.
4. riziká pre pôdu:
 - vo vzťahu k potravinovému reťazcu je najväčším rizikom pre človeka presun kontaminantov z pôdy a vody do rastlín a poľnohospodárskych produktov (príklad obilniny, ovocie, zelenina pre priamu konzumáciu, resp. ako krmovinový medziprodukt pri chove hospodárskych zvierat)

- vo vzťahu k externému prostrediu vode a klimatickým vplyvom za najväčšie riziko pre pôdu možno považovať znižovanie alebo ničenie biologického potenciálu pôdy a krajiny vedúce v konečnom dôsledku k tvorbe „púštnych“ podmienok.

Ide o Dezertifikáciu – proces degradácie územia na púštnu, polopúštnu alebo podobne vyzerajúcu, na vodu chudobnú oblasť. Spôsobená môže byť rôznymi globálnymi klimatickými javmi, prirodzenými i človekom vyvolanými, ako i priamo ľudskou činnosťou v danej oblasti či v oblastiach tesne susediacich, napríklad: spásaním dobytkom a zverou, likvidovaním zelene v oblasti, odlesňovaním a výrubom stromov, nadmerným odberom vody pre závlahu poľnohospodárskej pôdy. Spoločným prvkom je preťažovanie miery, do ktorej sa spodné vody, pôda a zeleň dokážu obnovovať.

Na pôdu, ako na hodnotu pre ľudstvo, pre spoločnosť myslí aj legislatíva jednotlivých vyspelých krajín, definujúca pravidlá udržateľného používania pôdy. Príkladom je aj – Zákon č. 220/2004 Z. z. Zákon o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z. z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov a iné.

Voda

V celej histórii ľudstva sa voda považovala za nevyhnutnú a nenahraditeľnú súčasť ľudského života. K tomu ju predurčujú jej jedinečné fyzikálne a chemické vlastnosti o ktorých sme diskutovali v našej predošlej práci (Foltin, 2018). Naše dáta o životnom prostredí doplníme o „encyklopedické“ predstavenie vody v týchto bodoch, sumarizujúce všeobecne známe poznatky o vode.

1. Ľudský organizmus je tvorený z vody.
Pripomeňme: i) voda je polárna molekula a ii) dômyselnú konštrukciu bunkových membrán (ich dvoch „zábran“ pre vodu aby nedeštruovala design bunky – fosfolipidových dvojvrstiev a permanentnú existenciu procesu sodíkovo-draslíkovej pumpy).
2. Množstvo vody.
Iba 2,5 % je pitná voda. Pripomeňme existenciu slanej a sladkej vody.
3. Priestor výskytu vody:
 - v atmosfére a aerosóloch – ako vodná para
 - v prírode na povrchu – ako povrchová voda/ľad ľudstvu ľahko dostupné. V prípade povrchových vôd definujeme existenciu oceánov, riek a vodných prameňov vrátane špecifických minerálnych vodných prameňov.
 - v prírode nie na povrchu – ako podzemná voda a ako ľad a voda v jaskyniach. V prípade podzemných vôd definujeme zásobárne pitnej vody pre dané geografické územie.
4. Intaktnosť v chuti a v pachu vody. Ľudské zmysly chuť a čuch sú excelentné chemické detektory. V skrátenej podobe tu pripomeňme biblický príbeh „horkej vody v Máre“ (2 Moj 15, 22-25): Pri putovaní izraelského národa púšťou do zasnúbenej zemi vysmädnutý na púšti našli horkú vodu, ktorá sa nedala piť. Až keď na pokyn Boha Mojžiš vhodil drevo do vody – následne pred tým horká voda dostala svoju intaktnú chuť a dala sa piť. Biblický príbeh je o dekontaminácii a o chemických a biologických vlastnostiach vody.
5. Tienenie infračerveného žiarenia. Voda vyskytujúca sa vo forme vodnej pary a aerosólov v atmosfére tvorí ochrannú vrstvu – tienenie pred infračerveným žiarením. Na uvedenú skutočnosť treba myslieť pri príprave vzoriek pre detekciu látok v infračervenom spektrometri, aby vzorka neobsahovala vodu a aby bol detegovaný signál reálny.
6. Fenomén anomálie vody a vzťah k teplotným zmenám vonkajšieho prostredia - pozorujeme tak efekty vyrovnania teplôt ale aj skutočnosť, že ryby v hĺbke jazera môžu žiť aj keď sa na povrchu jazera vytvorí ľadová škrupina.
7. Bod varu, topenia a mrznutia vody. Kapilarita vody.
Nie filtrovaná voda môže byť biologicky kontaminovaná. Keďže väčšina biologických kontaminantov je termolabilná, pre ochranu zdravia treba používať tepelne upravenú vodu. Dodaním teploty dodávam energiu.

8. Fenomén rozpustnosti a nerozpustnosti látok vo vode.

Pripomeňme 4 skutočnosti: ¹⁾ soľ sa vo vode rozpustí až do stavu, kým nenastane saturácia (presýtenie), ²⁾ voda a alkohol sa zmiešavajú, ³⁾ voda a olej sa nezmiešavajú, ⁴⁾ voda a piesok sa nerozpúšťa.

Pripomeňme si aj pravidlo interakcie kyseliny a vody: riedenie silných kyselín je exotermné preto sa silne doporučuje z dôvodu minimalizovania rizík liať kyselinu do vody a nie naopak.

9. Fenomén kontaminácie.

Následkom kontaminácie sú biologické a chemické zmeny vo vode a v pôde – už uvedený bod 4 – skúsenosť s horkou vodou – doplníme s už zvýrazneným poukazom na prepojenie medzi kontaminovanou vodou a pôdou nasledovne:

- Priama kontaminácia – o priamom znečistení hovoríme vtedy ak je kontaminantami znečistený zdroj vody;
- Zdroje znečistenia – najväčším znečisťovateľom je človek a ním realizované procesy. Uvedené procesy ovplyvňujú primárne povrchové vody a v prípade urgentného neriešenia pozorovaných alebo predpokladaných rizík môže dôjsť aj k zamoreniu podzemných vôd;
- Činnosti podieľajúce sa výraznou mierou na znečistení vôd:
 - priemysel (automobilový/doprava, chemický, ropný a iný)
 - intenzívne poľnohospodárstvo (používanie pesticídov, herbicídov, umelých hnojív a pod);
 - intenzívny chov hospodárskych zvierat (znečistenie organickými látkami, exkrementami);
 - odpadové hospodárstvo vrátane komunálnych odpadových vôd.

10. Dekontaminácie vody – jej technologické postupy.

Tu platí zásada na to aby ľudstvo mohlo prírodné zdroje opakovane používať musí ich pred návratom do okolitého prírodného prostredia vrátiť v čo najmenej znečistenom stave, tak aby neohrozovali nielen životné prostredie, ale v konečnom dôsledku aj zdravie obyvateľstva. Pripomeňme, že technologické postupy sanácie ako súbor opatrení a procesov, ktoré vedú k zlepšeniu stavu sú preto špecifické podľa miesta a typu znečistenia. Čím je prístup k zamoreným vodám ťažší tým je ich dekontaminácia náročnejšia.

11. využiteľnosti vôd – technologické procesy.

- budovanie: vodných rezervoárov, vodných priehrad a elektrární, vodných dopravných kanálov (rozširovanie koryt, zmena tokov),
- budovanie vodnej infraštruktúry (studne, vodovody, aquadukty, aquakultúry, vrátane čističiek odpadových vôd).

12. Riziká vôd pre ľudstvo

- meteorologické javy spojené s vodou: povodne, záplavy, tsunami,
- javy spojené s vodou a pôdou: fenomén dezertifikácie – znižovaním alebo ničením biologického potenciálu pôdy vedúce v konečnom dôsledku k tvorbe „púštnych“ podmienok.

Tiež pripomeňme viacej kontaktných expozičných bodov ľudského organizmu s vodou (platí pre intaktnú pitnú pre zdravie neškodnú vodu, ale aj pre kontaminovanú vodu):

- potravinový reťazec: pitie vody a príjem potravy obsahujúcej vodu. Na príklade ovocí obsahujúcich vodu (čerešne) pripomeňme možnú zvýšenú citlivosť ľudského organizmu ak v krátkom čase hneď po zjedení čerešní vypijeme vodu – sú jedinci u ktorých vzniknú zdravotné problémy,
- dotyk – pripomeňme možnú citlivosť kože na vodu (najmä ak je kontaminovaná, alebo ak je v krajných teplotách v závislosti na množstve, na čase a na exponovanej ploche môže dôjsť k omrzlinám alebo popáleninám),
- dýchanie – voda vo forme aerosólov.

Viac údajov o vode získa čitateľ z našej publikácií Bunka a životné prostredie, ako aj z prác encyklopedického charakteru - dielo profesora M.F. Chaplina - lecture series and proceedings „Water structure and Science“. Naše predstavenie vody ukončíme poukazom na dva dôležité aspekty: na epidemiologický a na procesný aspekt:

1. odpadová voda ako **epidemiologický** indikátor.

V dnešnej dobe sa štandardom a „pomocníkom“ pri odhaľovaní zdravotných rizík populácie postupne stáva (a pandémia COVID -19 dané procesy urýchlila) chemická a mikrobiologická analýza odpadových vôd. V prípade positivity (detekcie dopredu definovaného markeru) je možné rýchlo a často aj v časovom predstihu identifikovať „ohniská“ ochorenia a zahájiť zdravotnú intervenciu v snahe minimalizovania ďalšieho rozšírenia prípadnej epidémie.

2. **procesný** aspekt:

Tu v dvoch bodoch pripomeňme ochranu vôd a v treťom bode skráteno techniku zisku pitnej vody procesom mikrofiltrácie:

- pravidelný monitoring vodných zdrojov a tokov. Zlatým štandardom vo vyspelých ekonomikách je realizácia chemickej a biologickej kontroly zdrojov pitných vôd, ako aj vodných tokov.
- na vodu, ako hodnotu pre ľudstvo, pre spoločnosť myslí aj legislatíva jednotlivých vyspelých krajín, definujúca pravidlá udržiavateľa používania a ochrany vody, vodných zdrojov. Príkladom je Zákon č. 364/2004 Z. z. – Zákon o vodách a o zmene zákona Slovenskej národnej rady č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon).
- procesom mikrofiltrácie môžeme zo surovej vody (raw water) získať Permeate. V tabuľke 4 popisujeme ilustračnú schému filtrácie surovej vody (raw water). Filtráciou odstraňujeme špecifické submolekuly, organické zlúčeniny a dvojmocné ióny (tabuľka 4).

surová voda (raw water)		časová následnosť 4 krokov filtrácie				Permeát (permeate)
	1. krok	2. krok	3. krok	4. krok		
	MF- mikrofiltrácia	UF-ultrafiltrácia	NF-nanofiltrácia	RO-reverzná osmóza		
μm	10–0,1	0,1–0,01	0,01–0,001	0,001–0,0001		
bar	0,2–5	1–10	5–10	10–150		

Tabuľka 4 – kroky filtrácie vody

Vychádzajúc z diagramu histórie choroby a definovania pojmy expozície sme mali za cieľ predstaviť komponenty expozície: vodu, pôdu a vzduch. Pokiaľ nie sú znečistené nie je žiaden problém. Ak je čo i len jedna z týchto zložiek kontaminovaná a je v kontakte s druhou zložkou daná kontaminácia má vplyv aj na tú druhú-ďalšiu zložku.

Poznamenajme tiež vzájomné prepojenie tu popisovaných zložiek životného prostredia pôdy a vody v potravinovom reťazci. Uvedené reflektujú sprísňujúce sa pravidlá pre hygienu pôdy a hygienu vody priamo používanej v poľnohospodárstve, tak aby boli minimalizované dve riziká:

- kontaminácie poľnohospodárskou produkciou vzniknutých potravín (ako pri rastlinnej aj živočíšnej produkcii),
- kontaminácie a znehodnotenia území v geografickej blízkosti poľnohospodárskych prevádzok – tu pripomeňme možnú sekundárnu kontamináciu realizovanú prenosom vrchných vrstiev mikrometrických rozmerov sypkej pôdy a prachových častíc vzduchom.

Tiež poznamenajme ešte vyššie ekologické a zdravotné riziká a tomu odpovedajúce zvýšené požiadavky ochrany pôdy, vody vzduchu v prípade procesov realizácie a kontroly odpadového hospodárstva. V tu spomenutom je dôležitý procesný aspekt definovaný príslušnou legislatívou.

Vzduch

Priestorom pre život človeka je zem, pri ktorej vďaka existencii špeciálneho ochranného obalu – atmosféry môžeme definovať pre náš život nevyhnutnú komponentu nazývanú vzduch (air), ktorej 99,99% je tvorená z týchto štyroch plynov: dusík - N_2 (78,08 %), kyslík - O_2 (20,94 %), argón - Ar (0,93 %), oxid uhličitý - CO_2 (0,04 %). Na popis a pochopenie dynamiky dejov v atmosfére a vo vzduchu okrem súradníc (x, y, z), času (t) použijeme stavové fyzikálne veličinami: tlak (p), objem (V), teplota (T).

Encyklopedicky si pripomeňme nasledovné skutočnosti:

- atmosférický tlak klesá so vzrastom nadmorskej výšky.
Život je možný iba v prostredí kde má človek zabezpečený prísun intaktného vzduchu (resp. kyslíkovej zmesi).

Príklady:

- horolezec – s poklesom tlaku dochádza k zriedovaniu vzduchu a k nutnosti intenzívneho dýchania – riešením je použitie dýchacieho prístroja;
 - v prípade potápačov so vzrastom hĺbky rastie aj tlak prostredia a nevyhnutné sú paralelne dýchať prístroj ale aj dodržiavať pravidlo dlhšieho času pri postupnom vynáraní sa z hĺbín vôd a oceánov na vodnú hladinu v porovnaní s kratším časom ponárania sa.
- špeciálnym pre život nemožným priestorom je vákuum – miesta s tlakom o číselnej veľkosti približujúcej sa číslu nula. Vo vákuu neexistuje biologický život. Pripomeňme že neexistuje tlak nula Pa (Pascalov).

Príklady:

- vákuum vo vesmíre: mimo planéty zem, medzihviezdny priestor je tvorený vákuom;
 - elektrónovo-mikroskopické techniky vyžadujú vákuum.
Menšie zväčšenia dosiahneme v rastrovom elektrónovom mikroskope (REM). Väčšie zväčšenie dosiahneme v transmisnom elektrónovom mikroskope (TEM). Modernými vývievami/pumpami je možno z uzavretého priestoru zabezpečiť merateľné nenulové tlaky $1 \cdot 10^{-19}$ Pa.
- dôležitosť gradientu tlaku v dynamike vzduchu. Príklad: majme dva priestory, označme ich A a B. Nech matematicky pre tlaky priestorov platí $p_A > p_B$. Z fyziky pripomeňme, že existencia gradientu – čiže nerovnováhy je spúšťačom procesu získania rovnováhy. Rovnováhu docielim keď v priestore A sa vyšší tlak zníži a v priestore B sa nižší tlak zvýši, stane sa tak „presunutím sa“ časti „balíka plynu“ z priestoru A do priestoru B. Výsledkom bude rovnováha nových tlakov $p_A = p_B$.

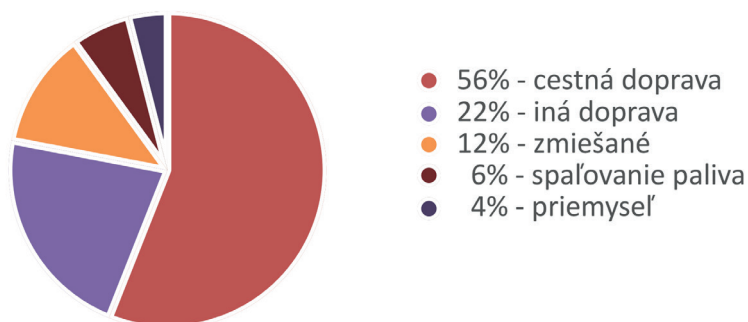
Príklady:

- Proces nádych a výdych je založený na gradiente tlakov, ktorý dosiahnem zmenou polohy bránice. Ak je tlak v pľúcach o malilinké číslo menší ako tlak v externom prostredí človeka nastane nádych a vyrovnanie tlakov. Ak je tlak v pľúcach o malilinké číslo väčší ako tlak v externom prostredí človeka nastáva výdych a vyrovnanie tlakov. Pohyb bránice tak zabezpečuje cyklický vôľou regulovateľný proces dýchania.
 - Proces vyrovnávania sa číselne rôznych atmosférických tlakov (tu už ide o väčšie tlakové zmeny) je dôsledkom vzniku vzdušného prúdu – vetra. Je to prízemný horizontálny prúd vzduchu prúdiaci z tlakovej výše do tlakovej níz. Pri popise vetra sú dôležité jeho smer, rýchlosť a ochladzujúci účinok.
- dôležitosť teploty a efekt inverzie.
Teplotná inverzia nastane ak má vzduch vo vyššej vrstve atmosféry vyššiu teplotu ako vzduch pod ním a tvorí tak bariéru k rozšíreniu sa vzduchu so spodnej vrstvy atmosféry ďalej do priestoru. Ľudskou činnosťou neustále vznikajúce pollutanty – prach, produkty horenia – sadze, ťažké kovy, častice a aerosoly mikrometrových rozmerov PM_{10} a $PM_{2,5}$ ktoré sa dostali do vzduchu tak v danom priestore ostávajú – ďalej sa nerozptyľujú pre existenciu bariéry z teplého vzduchu, hromadia sa a zhoršujú tak dýchanie.

Pozorný čitateľ zbadal, že okrem vymenovania „dobrých“ komponentov s ktorých je vzduch zložený existujú aj „zlé“ komponenty ktoré sa do vzduchu môžu dostať – vytvárajú tak znečistenie vzduchu alebo air pollution. Encyklopedicky si pripomeňme niektoré zo znečisťovateľov vzduchu:

- prírodné: peľ, produkty horenia lesa, batkérie a vírusy, prach a prachové búrky
- antropogénne: priemysel, používania fosílnych palív, doprava, poľnohospodárstvo

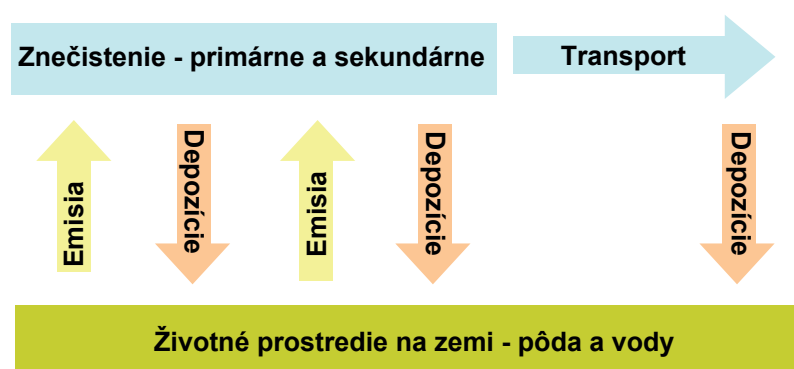
Vráťme sa k pojmu expozícia. Jedným zo zdravotno-preventívnych opatrení každej z krajín je definovanie pollutantov a maximálnych prípustných – limitných hodnôt kontaminácie danými komponentami. Tu pripomeňme, že z hľadiska zdravia žiadna aj podlimitná hodnota mimo čísla nula nie je dobrá. Vzhľadom na dynamiku vo vývoji detekčných techník ako aj poznatkov založených na vedeckom výskume môžeme hovoriť o dynamickom prispôbovaní sa uvedených opatrení. Na obrázku 8 prezentujeme percentuálne zastúpenie jednotlivých pollutantov – zdrojov znečisteného ovzdušia.



Obrázok 8 – Podiel ľudských aktivít na znečisťovaní ovzdušia – % zastúpenie pollutantov (spracované podľa údajov v práci Rashidi a kol. 2012)

Dynamika a monitoring životného prostredia

Paralelne k už predstavenej schéme o histórii ochorenia tu v časti sústreďujúcej sa na životné prostredie predstavme schému evolúcie znečistenia životného prostredia.



Obrázok 9 – všeobecná schéma evolúcie znečistenia životného prostredia zahrnujúci primárne a sekundárne znečistenia ako aj úlohu pôdy, vody a vzduchu

Na obrázku 9 uvedená schéma dynamiky procesov v životnom prostredí – resp. evolúciu znečistenia životného prostredia reflektuje tieto skutočnosti:

- existenciu primárneho a sekundárneho zdroja znečistenia,
- zapojenie všetkých troch zložiek voda, vzduch a pôda.

Výročné správy o stave životného prostredia pravidelne publikované Ministerstvom životného prostredia SR predstavujú aj dáta o monitoringu životného prostredia. Uvedený monitoring je realizovaný na troch úrovniach:

- celoplošný mapujúcich celú krajinu;
- regionálny trvalý alebo časovo obmedzený priestorovo ohraničený monitoring;
- lokálny, resp. účelový časovo ohraničený monitoring zameraný na sledovanie významného javu.

Rozhodujúci – celoplošný monitorovací systém životného prostredia je členený podľa zložiek životného prostredia:

- ovzdušie, -voda, -biota, -odpady, -osídlenie, -využitie územia, -geografické faktory, -pôda, -lesy, -cudzo-
- rodé látky v potravinách a krmivách, -záťaž obyvateľstva faktormi prostredia, -žiarenie a iné fyzikálne polia,
- meteorológia a klimatológia.

1.3.2 Expozícia a ľudské zdravie

Predstavme si so zdravím (resp. chorobou) súvisiace základné pojmy nadväzujúce na expozíciu. Expozícia je štartérom ochorenia. Na záchyt prítomnosti ochorenia, na identifikáciu ochorenia používame viacero techník a pojmov ktoré si predstavíme:

- Monitoring a skríning (str. 43);
- Diagnostický test, skriningový test (str. 44);
- Selektivita a senzitivita (str. 44);
- Incidencia a prevalencia (str. 46);
- Outbreak (str. 47).

Monitoring a skrining

Skrining je systematické individuálne posúdenie zdravotného stavu alebo rizík vzniku konkrétneho zdravotného problému. Naopak, monitoring zahŕňa rutinné hodnotenie zmien zdravia alebo zdravotných rizík. Účinný skrining a monitoring zdieľajú potrebu štandardných hodnotiacich postupov a protokolov na zabezpečenie riadneho manažmentu pacienta.

Skriningové procesy sa snažia identifikovať jednotlivcov, ktorí majú zdravotný stav alebo stavy, ktoré sa môžu zlepšiť / benefitovať z lekárskej intervencie. Nie sú diagnostické samy o sebe - skriningová pozitivita zvyčajne vyžaduje ďalšie vyšetrenie pred stanovením a potvrdením danej diagnózy. Fajčenie je výnimkou - ak sa reakcia pacienta použije na posúdenie stavu fajčenia a nie je spoločensky prijateľné alebo nákladovo efektívne zapojiť sa do budúcich invazívnych diagnostických testov.

Skrining si vyžaduje: - schopnosť identifikovať, ktorý pacient potrebuje pomoc; - získať proaktívny aj reaktívny prístup k pacientovi a - presne posúdiť pacientovu potrebu ďalšej diagnostiky a starostlivosti.

Manažment skriningu - potrebné je: i) vybrať diagnózy/choroby, pri ktorých má skrining zmysel, ii) definovať skupinu obyvateľstva (vek, miesto, pohlavie atď.), iii) definovať časové okno skriningu, iv) definovať skriningové vzorky, ktoré sa majú odobrať, a vypracovať protokoly pre bezpečný odber a manipuláciu so vzorkami, a v) zvážiť čas potrebný na analýzu a vybrať ekonomicky účinné rýchle testy na počiatočný skrining.

Monitoring zahŕňa nielen posúdenie stavu alebo správania, ale vyžaduje si (podobne ako skrining) koordináciu starostlivosti a systematický prístup k riešeniu problémov.

V prípade skriningu môžeme použiť aj alternatívnu – jednoduchšiu definíciu – v texte červenou farbou náročne zvýrazníme 7 slov: - asymptomatický; - pravdepodobný / nepravdepodobný, - ďalej skúmať; - diagnóza, - liečiť.

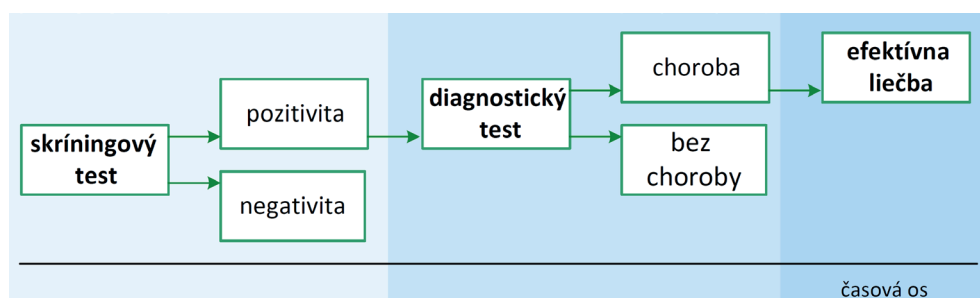
Skrining kontroly ochorení môže byť definovaný, ako vyšetrenie **asymptomatických** ľudí za účelom ich klasifikácie, ako **pravdepodobne, alebo nepravdepodobne** majúcich ochorenie, ktoré je objektom skriningu. Ľudia, ktorí sú označení za pravdepodobne vykazujúcich známky ochorenia sú následne **ďalej vyšetrení**, aby sa dospelo k záverečnej **diagnóze**. Tí ľudia, ktorí sú vyhodnotení, že majú ochorenie sú potom **liečení**.

Tiež pripomeňme, že:

- cieľom skriningu je zníženie morbidít, resp. mortality
- samostatný skrining nie je prevenciou vzniku ochorenia

Diagnostický test a skriningový test

Obrázok 10 poukazuje na diagnostický a skriningový test v časovom priebehu.



Obrázok 10 – skriningový a diagnostický test na časovej osi

Tabuľka 4. znázorňuje druhú z dvoch dvojíc súvisiacich pojmov označujúcich rôzne skutočnosti:

	skriningový test	diagnostický test
účel	odhaliť potenciálne indikátory chorôb	na zistenie prítomnosti choroby
cieľová populácia	veľké množstvo asymptomatických, ale potencionálne ohrozených osôb	Symptomatický jedinci na stanovenie diagnózy, alebo asymptomatický jedinci s pozitívnym skriningovým testom
testovacia metóda	Jednoduché, prijateľné pre pacientov a zdravotníckych pracovníkov	Možno invazívna, drahá, ale odôvodniteľná aby sa stanovila diagnóza
prah pozitívneho výsledku	Všeobecná zvolená pre vysokú citlivosť, aby sa neprehliadlo potenciálne ochorenie	Zvolená smerom k vysokej špecifickosti (skutočne negatívne). Väčšia váha sa pripisuje presnosti a precíznosti než priateľnosti pre pacienta
pozitívne výsledky	V podstate indikuje ochorenie (často používané v kombinácii s inými rizikovými faktormi) čo si výžaduje potvrdenie	Výsledky poskytujú jednoznačnú diagnózu
náklady	Lacné, výhody by mali odôvodniť cenu nakoľko veľké množstvo ľudí bude potrebné preveriť na identifikovanie malého množstva potenciálnych prípadov	Vyššie náklady pri diagnostických testoch možno odôvodniť potvrdením diagnózy

Tabuľka 4 – porovnanie skriningového a diagnostického testu

Senzitivita a špecifita

Výsledkom testu môžu byť dve „dvojičky“ pojmov:

- pravda alebo nepravda, inými slovami zhoda výsledku testu so skutočnosťou. Vždy existuje možnosť (aj keď percentuálne menšia), že test dá falošný výsledok keď chorého pacienta označí za zdravého, alebo zdravého človeka označí za chorého;
- pozitivita (označujúca prítomnosť sledovanej choroby) alebo negativita (označujúca neprítomnosť sledovanej choroby).

Modelová situácia: Majme 10 ľudí a dve rôzne pozorovania. Využime horeuvedené pojmy a definujme dve pozorovania:

1. pozorovanie: majme 10 chorých, z nich test označil 8 za chorých (pravdivo pozitívnych – PP) a 2 za chorých (falošne negatívnych – FN);
2. pozorovanie: majme 10 zdravých, z nich test označil 7 za zdravých (pravdivo negatívnych – PN) a 3 za chorých (falošne pozitívnych – FP).

Výsledkom pozorovaní je 5 čísiel = vstupné dáta pre ďalšiu analýzu, ktorú si predstavíme na obrázku 11 – schematicky znázorňujúcom ich spracovanie. Najvýhodnejšie je použiť maticu 2 x 2 (2 riadky a 2 stĺpce). Vstupom sú prázdna matica a definovanie súvisiacich pojmov a vzorcov. Výstupom je matica s číslami a príslušné výpočty. Obrázok nám dáva aj vizuálnu odpoveď na tieto dve otázky:

- čo nám povie prvý stĺpec (1 s) a druhý stĺpec (2 s)?
Tu zavádzame pojmy:
senzitivita = schopnosť testu identifikovať chorobu = 1 s,
špecificita = schopnosť testu identifikovať zdravie = 2 s.
- čo nám povie prvý riadok (1r) a druhý riadok (2r)?
Tu zavádzame pojmy:
pozitívna prediktívna hodnota (positive predictive value)=
schopnosť testu detekovať prítomnosť choroby v súbore = 1r,
negatívna prediktívna hodnota (negative predictive value)=
schopnosť testu detekovať prítomnosť choroby v súbore = 2r.

Vstup: matica 2 x 2 pred výpočtom				
	s chorobou	bez choroby		
pozitívna testu	PP	FP	pozitívna prediktívna hodnota $PPH = PP/(PP+FP)$	
negatívna testu	FN	PN	negatívna prediktívna hodnota $NPH = PN/(PN+FN)$	
	senzitivita	špecificita		

Výstup: zadané hodnoty a matica 2 x 2 vrátane výpočtov				
	s chorobou	bez choroby		
pozitívna testu	8 PP	3 FP	pozitívna prediktívna hodnota $PPH = PP/(PP+FP)$ $PPH = 8/(8+3) = 0,727 = 72,7\%$	
negatívna testu	2 FN	7 PN	negatívna prediktívna hodnota $NPH = PN/(PN+FN)$ $NPH = 7/(7+2) = 0,777 = 77,7\%$	
	senzitivita	špecificita		
	$se = PP/(PP+FN)$ $se = 8/(8+2) = 0,8 = 80\%$		$šp = PN/(PN+FP)$ $šp = 7/(7+3) = 0,7 = 70\%$	

Obrázok 11 – schéma riešenia modelovej situácie:

vstup – matica 2x2

výstup – doplnená matica a vypočítané hodnoty parametrov

Sumár k pojmom senzitivita a špecificita:

- pojmy sú široko používané (preto ich iba pripomíname),
- vysoko senzitívny test je výhodný pre skrining,
- vysoko špecifický test je výhodný pre stanovenie finálnej diagnózy,
- v klinickej praxi sa používa kombinácia viacerých špecifických testov, kde mnohé sú výsledkom sofistikovaných (nie lacných) vyšetrení.

Výsledkom horeuvedených testov zdravotného stavu populácie (s koncentrovaním sa na vybrané diagnózy) sú dáta na základe ktorých je možno identifikovať existenciu choroby s cieľom skorej a účinnej liečby pacienta, čím sa ochráni aj ďalšia zdravá populácia.

Incidencia a prevalencia

Okrem znalosti spôsobov expozície, prenosu choroby z pohľadu dát a sledovania množstva chorých na konkrétnu diagnózu (v danom priestore a v čase) a priebehu choroby u danej diagnózy v populácii sa v zdravotníckej praxi čitateľ často stretne s „dvojičkou“ pojmov incidencia a prevalencia. Matematicky oba pojmy možno vyjadriť zlomkom (čitateľ/menovateľ) a získaný číselný výsledok sa ďalej násobí buď číslom 100, alebo číslom 1000 - získa sa tak príslušná hodnota na 100, alebo na 1000 obyvateľov.

Incidencia je mierou rizika choroby.

čitateľ zlomku: číslo vyjadrujúce počet iba nových prípadov chorých v daný čas,
menovateľ zlomku: číslo vyjadrujúce počet ľudí s rizikom pre danú chorobu - inými slovami každý z týchto zdravých obyvateľov ma riziko na zisk danej choroby. Pokiaľ tu taká možnosť nie je (napr. ak ide o chorobu orgánu, ktorý má daný jedinec odoperovaný, resp. ho nemá, a pod.) takýto jedinec sa nedáva do množiny obyvateľov v riziku.

Prevalencia je mierou záťaže choroby.

čitateľ zlomku: číslo vyjadrujúce počet všetkých už chorých,
menovateľ zlomku: číslo vyjadrujúce počet ľudí v populácii.
Prevalencia berie do úvahy čas – dĺžku ochorenia.
Všimnime si, že čitateľ pre prevalenciu ma množstvo všetkých ochorení v danom čase, ak máme napríklad v rôzne kalendárne mesiace v roku rôzny počet chorých, pre časový úsek viac mesiacov sa spočítajú všetky existujúce prípady choroby.

Uvedené pojmy si možno vysvetliť na rezervuáre resp. množine chorých - kde počet obyvateľov s chorobou sa v našej množine/rezervoári môže zväčšiť vstupom/pridaním nových prípadov do množiny a zmenšiť výstupom z našej množiny jednou z týchto dvoch možností: a) vyliečením pacienta, b) úmrtím pacienta.

Predstavili sme si tri parametre: – incidencia, – prevalencia, – vyliečenie/úmrtie ktoré otvárajú možnosti na matematické sledovanie čo sa stane s jedným z týchto troch parametrov ak zadefinujem možnosti číselnej zmeny zostávajúcich dvoch parametrov. Na obrázku 12 ukazujeme vybrané tri možnosti čo spôsobí zväčšenie, alebo zmenšenie niektorého z parametrov.

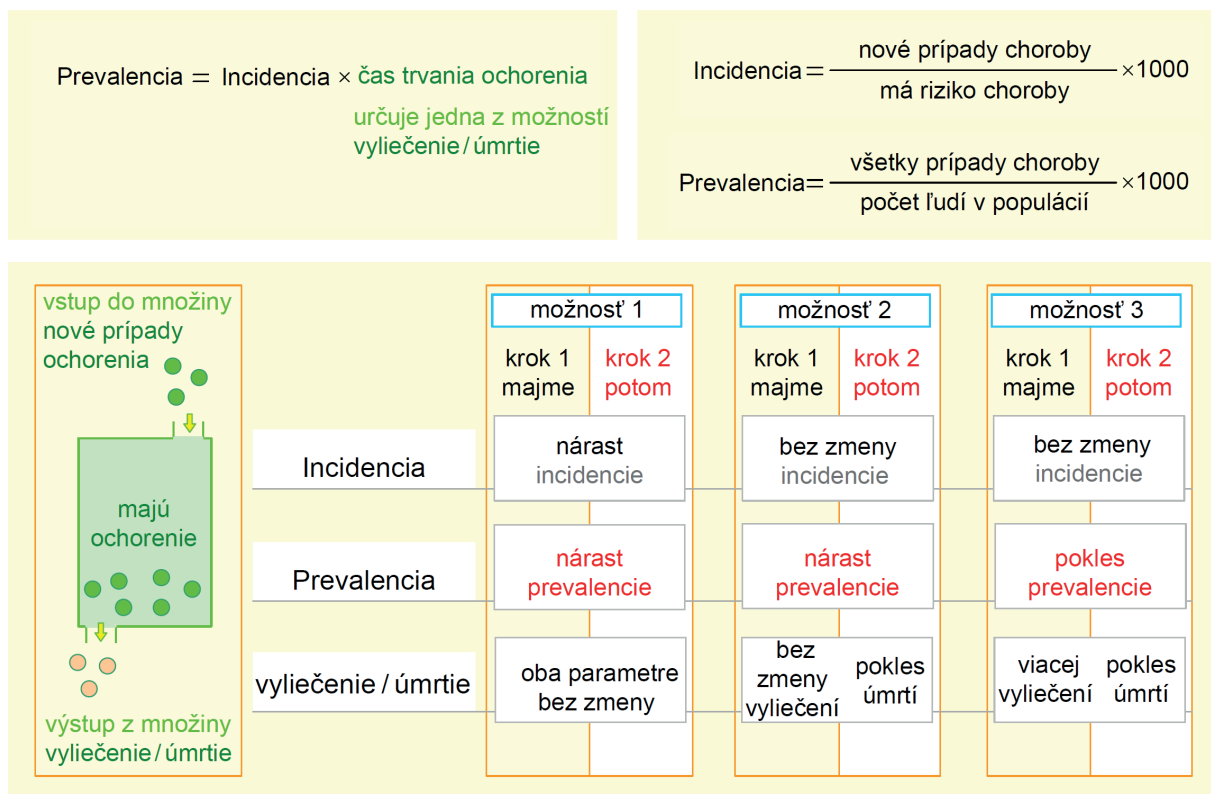
Sledujme matematický súčin typu $a=b*c$,

$$\text{Prevalencia} = \text{Incidencia} * \text{Čas trvania}.$$

Na čas trvania choroby má vplyv jedna zo spomenutých možností vyliečenie/úmrtie kedy sa pacient z množiny/rezervoáru chorých dostáva preč – číselne sa zmení počet chorých.

Tu sú dve možnosti:

- Ak miera vyliečenia/úmrtia sa zväčší – dĺžka choroby sa skrúti – prevalencia sa zmenší,
- Ak miera vyliečenia/úmrtia sa zmenší – dĺžka choroby sa zväčší – prevalencia sa zväčší.



Obrázok 12 – algoritmus pojmov prevalencia a incidencia

- hore sú uvedené vzorce;
- vľavo dole – schematicky znázornená množina chorých, každý nový prípad choroby množinu číselne zväčšuje, každý nový prípad vyliečenia/úmrtia číselne znižuje;
- vpravo dole – ukážka 3 možností, v kroku 1 zadáme priebeh parametrov incidencia a vyliečenie/úmrtie, potom v kroku 2 doplníme tendenciu priebehu parametra **prevalencia**.

Outbreak

V čase ak dôjde k **nečakanému nárastu incidence** – vznikne **outbreak**, epidemiologický outbreak znamená po laboratórnom a epidemiologickom potvrdení existencie vysokého zdravotného rizika „nabehnutie“ do režimu pohotovosti, kde sa na „riešení“ situácie podieľajú experti z viacerých odborov na multidisciplinárnej úrovni a koordinujú postup s cieľom „zvládnuť“ konkrétnu epidémiu.

Je dôležité zdôrazniť potrebu dodržiavania etických požiadaviek prístupu ku každému jednému ľudskému životu ovplyvneného chorobou, bez ohľadu na štádium ochorenia (od detstva po starobu) spolu s potrebou ochrany zdravej populácie. Aj keď výsledné správy ukazujú dáta vo forme čísiel (chorý, vyliečený, zomrelí) rešpekt ku každému ľudskému životu je centrálnym elementom práce pri každej epidémii. Úspešný epidemiologický protokol vyžaduje dezinfekciu biologicky kontaminovaného prostredia (napríklad počas zemetrasení, a pod.) ako aj cieľené vyhľadávanie možných kontaktov pri infekčných ochoreniach s cieľom predísť (odvrátiť) exponenciálny rast kontaminovaného miesta v čase.

Výsledkom dobre nastaveného programu ochrany obyvateľstva (profylaxie, napríklad účinnou vakcináciou) je možné dostať šírenie sa a priebeh jednotlivých ochorení „pod kontrolu“ až do takého stavu, že na istom území dané ochorenie môže vymytnúť – bude eradikované.

Práve na šírenie sa niektorých ochorení má vplyv kombinácia parametrov – „rezervuar“, „vektor“, „vnímavá populácia“. Vychádzajúc z poznatku/potreby pre šírenie sa ochorenia mať všetky tri komponenty – je dôležité sledovať životné prostredie. Tak napríklad prítomnosť niektorých druhov komárov (špeciálne tých ktoré sú vektormi pre šírenie vírusu Ebola) aj v geografických územiach, kde doposiaľ takéto komáre neboli – otvára

sa otázka preventívneho riešenia situácie. Zmena kvality životného prostredia mení klimatickú mapu i mapu rozloženia jednotlivých spúšťačov aj epidemiologických rizík.

Poznamenajme, že niektoré epidémie môžu byť klasifikované WHO (World Health Organization – Svetové zdravotná organizácia) ako pandemické – zasahujúce veľké územie. Príkladom je koronavírusová pandémia v roku 2020 ktorá zasiahla celú planétu. Obmedzenia a management šírenia ochorenia (so snahou o možnú eradikáciu ochorenia) požaduje i) profesionálne, jednotné a včasné rozhodnutia štátnych autorít aplikovaný na veľké územie zasahujúcich množstvo obyvateľov a ii) disciplínu všetkých obyvateľov žijúcich v zasiahnutom území na dosiahnutie súladu s požiadavkami sociálneho odstupu (obmedzený kontakt) a správnu prevenciu. Príklad pre COVID-19: 1 - v čase keď neboli dostupné očkovacie látky: R-O-R (ruky-odstup-rúška) a 2 – v čase keď boli dostupné očkovacie látky: O-R-O (očkovanie-rúška-odstup).

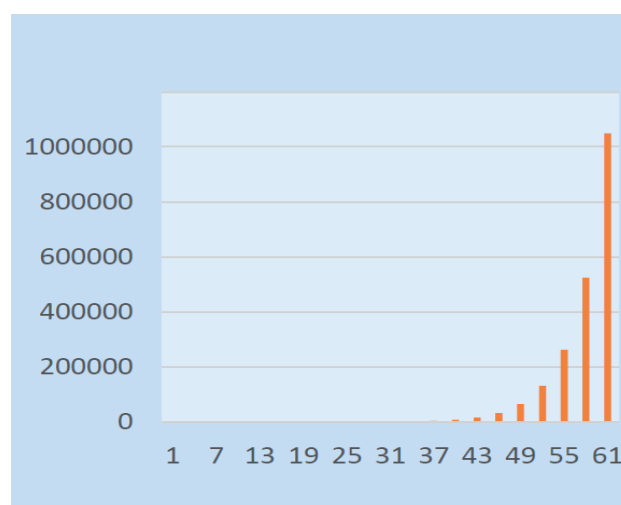
Primerané (ucelený súbor dát z viacerých zdrojov) a overené údaje o dynamike ochorenia sú požadované na uskutočnenie dobrých rozhodnutí, identifikovanie rizík (príklad farebné definovanie stupňov monitoringu, ostráživosti a ohrozenia) a ich komunikovanie pre populáciu (vrátane poukazu na otázky: kto je najzraniteľnejší na ochorenia? Väčšinou ide o pacientov seniorov s pridruženými ochoreniami (komorbiditami) a pre niektoré ochorenia aj dojčatá a malé deti).

Pripomeňme časové charakteristiky (grafy) zobrazené na najčastejšie používané aj pri definovaní postupov v managementu koronavírusu:

– **exponenciálny nárast:**

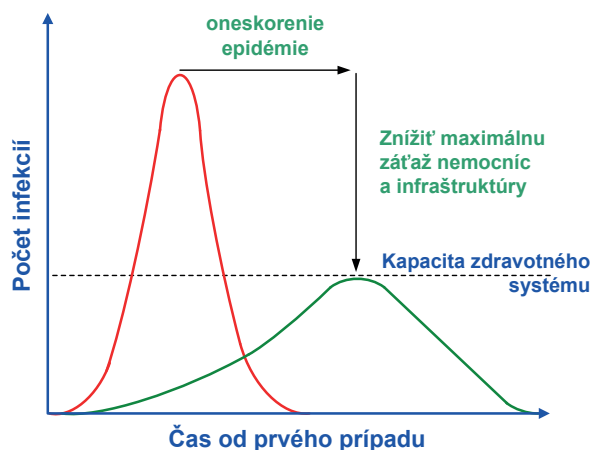
S exponenciálnym rastom má monitorovaný ukazovateľ prírastky, ktoré sa neustále zvyšujú. Presnejšie povedané, pozorovaná hodnota je po každej jednotke r -násobok predchádzajúcej hodnoty, kde sú > 1 . V tomto prípade hovoríme o takzvanej geometrickej sekvencii.

Príklad pre $r = 2$ je 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128... znázorňujeme na obr 13.



Obrázok 13 – exponenciálny priebeh pre sekvenciu čísel 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128. Tu poznamenajme že graf je v lineárnej škále. Tie isté čísla možno znázorniť aj v logaritmickej škále a výsledok bude iná krivka v grafe.

- **scenáre epidémie a možnosti oddialenia jej šírenia.** Na obr. 14 sú dve funkčné závislosti s rôznou veľkosťou maxima (píku) a ich súradníc. Ide o časovú závislosť početnosti prípadov ochorenia (a) bez použitia ochranných opatrení, (b) s použitím ochranných opatrení. Akékoľvek zavedené ochranné opatrenie musí sledovať jasný cieľ, v tomto prípade je nevyhnutnosť zabezpečenia udržateľnosti zdravotného systému indikovanej jeho kapacitou – t.j. dosiahnuť pík pod „prerušovanou čiarou“ udržateľnosti zdravotného systému. Na tu uvedený „základný“ graf existuje množstvo modifikácií grafov s viac funkčnými závislosťami poukazujúcich a porovnávajúcich rôzne scenáre.



Obrázok 14 – Možnosti priebehu a kulminácie epidémie.

V schematickom obraze používame:

- pojem „Kapacita zdravotného systému“ = schopnosť poskytnúť plnohodnotnú zdravotnú starostlivosť v jednom mieste (v krajine – na Slovensku) a čase
- algoritmus „oneskorenia kulminácie epidémie“ = zavádzaním protiepidemiologických zdravotno-preventívnych / zdravotno-ochranných opatrení
- Červená krivka bez ochranných opatrení – exponenciálny nárast, úzky a vysoký pík. Krátky priebeh epidémie s počtom presahujúcim kapacitu zdravotného systému.
- Zelená krivka s použitím ochranných opatrení – časové spomaľovanie nárastu šírenia epidémie zapríčinené realizáciou ochranných protiepidemiologických opatrení. Maximum píku sa „dotýka“ maximálnej kapacity zdravotného systému.

Zdravotná politika

Prv než sústredíme pozornosť čitateľa na kroky v poznaní, na vedeckovýskumnú činnosť s použitím modernej a sústavne sa zdokonaľujúcej techniky sumarizujeme už uvedené v pojme – zdravotná politika. Pojem zdravotná politika v sebe zahŕňa algoritmy a činnosti:

- urgentné – krátkodobé (príklad reakcia na epidémiu COVID-19);
- priebežné – realizácia úloh na dennej báze vrátane riešení „naštartovaných projektov“ typu – digitalizácia v zdravotníctve, – modernizácia zdravotníckej infraštruktúry, – modernizácia vo vzdelávaní zdravotníckych pracovníkov, – zosúladovanie zdravotníckych štandardov jednotlivých entít;
- dlhodobé – príprava na predpokladaný stav, ktorý ešte nenastal, ale s vysokou pravdepodobnosťou nastane a samotné oddiaľovanie riešenia môže byť považované za nezodpovedné.

Pripomeňme aj tu, že spoločnosť a zdravotný systém bude musieť reagovať na demografické ukazovatele, aj na problém antimikrobiálnej rezistencie, aj na problém klimatických zmien a na mnohé ďalšie problémy, ktoré sa stanú akútnymi, avšak už teraz sú predvídateľné.

Za stavebné kamene budovania zdravotnej politiky možno považovať tieto skutočnosti:

- prístup k dátam a schopnosť vyhodnotenia dát – pripomeňme nevyhnutnosť kritického myslenia a známu skutočnosť finančnej efektivity prevencie pred liečbou,
- manažérske schopnosti v definovaní dosiahnuteľných cieľov spolu so schopnosťou prezentovať dôležitosť cieľov širšej odbornej a občianskej verejnosti (aj tu pripomeňme skúsenosť z implementácie epidemiologických opatrení počas pandémie COVID-19 do praxe, nakoľko sú vždy dve úlohy: prvá – čo treba urobiť a druhá – ako presvedčiť a priťahnúť k spolupráci na zrealizovanie daného opatrenia širokú verejnosť. Predikcie s rôznymi premennými sú dôležité pri kalkulácii a porovnanie nákladov, rizík, zdravotných benefitov pri konaní včas, pri konaní neskôr, pri nekonaní),
- interdisciplinárny prístup vo vzdelávaní, myslení vrátane akcelerácie spolupráce expertov z rôznych oblastí profesijného a spoločenského života (vo vzťahu k moderným technológiám v tejto monografii viac krát spomenieme epidemiologický benefit monitoringu odpadu vôd z jednotlivých lokalít – ako nástroj prevencie vďaka ktorému možno získať čas pred potencionálnym vypuknutím lokálnej epidémie).

1.4. Dáta a vedecký výskum

Výsledky vedeckého výskumu v podobe nadobudnutého množstva dát sú implementované do reálnej praxe. Základom výskumu bolo a je pozorovanie a následný popis pozorovaných javov/fenomérov vrátane potvrdenia opakovateľnosti sledovaného javu pri nemennosti počiatočných podmienok sledovania. Pozorovanie sa deje pri rôznych situáciách. Samotná situácia definuje premennú hodnotu pozorovania (príklad: diagnostika v klude, diagnostika pri záťaži a podobne). Výsledkom pozorovania sú tak objektívne merateľné parametre „spárované“ s premennými definujúcimi jednotlivé situácie. Oproti minulosti, dnešný výskum má jasnú štruktúru a jasne definované eticko-právne a logicko-technické pravidlá - algoritmy pre jednotlivé typy medicínskeho výskumu a výskumných štúdií.

Charakteristiky výskumu a časové kroky vo výskume

Ako znázorňujeme v tabuľke 5, v anglosaskej literatúre sa zaužíval termín **F-I-N-E-R** vytvorený z prvých písmen piatich kritérií **výskumu**. V tejto časti predkladanej monografie sa sústreďíme iba na vybrané s dátami súvisiace aspekty výskumu, záujemcovia o rozšírené informácie môžeme odporučiť rozsiahlu publikáciu vydanú WHO: *A practical guide for health researchers*.

Anglický pojem	Slovenský pojem	Otázky a vysvetlenie pojmu
Feasible	Možný	... či sú pacienti, či sú prístroje, či sú spolupracovníci, či je reálna časová schéma výskumu
Interesting	Zaujímavý	... či je výskum zaujímavý aj pre iných (nie iba pre mňa) pripomeňme, že je ťažké robiť niečo čo nás nezaujíma
Novel	Inovatívny	ak chcete vytvoriť nové znalosti začínate literatúrou, prinášate niečo úplne nové alebo modifikované
Ethical	Etický	... striktné dodržiavanie písaných a nepísaných pravidiel, vyžaduje sa ich znalosť
Relevant	Relevantný	... aby som dosiahol pokrok - posunul vedecký pokrok, aby bolo možné výsledky implementovať do praxe - do quidelinov, - do politik verejného zdravia

Tabuľka 5 – Klasifikácia F-I-N-E-R – základné kritéria výskumu

F-I-N-E-R charakteristiku výskumu tu ešte doplníme o päťbodovú charakteristiku vedeckého výskumu (požiadaviek na výskum) ako aj na základný popis algoritmickú dynamiku krokov výskumu. Tak ako v minulosti platilo rozprávkové tvrdenie soľ nad zlato možno povedať, že v dnešnej dobe majú dôležitú hodnotu samotné dáta ako aj zručnosť v práci s dátami, lebo až táto práca dáva hodnotu množstvu dát - tu možno použiť ďalší pojem hľadať ihlu v kope sena.

5 bodová charakteristika výskumu:

1. systematicky výskum procesov,
2. logicky induktívny alebo deduktívny,
3. empiricky – evidence based založený na dátach,
4. reductive – generalization – ak niečo nájdeme my, aj iný nájde podobnú vec,
5. replicable – opakovateľnosť – práve vďaka dodržiavaniu metodológie ak druhý bude hľadať to iste takými istými krokmi nájde dosiahne ten istý výsledok v experimente.

Reťaz na seba nadväzujúcich krokov v procese výskumu:

1. zber literatúry – literature review – vstupne dáta – sledovanie publikácii pre danú problematiku. Najčastejšie ide o vedecké články kategórií: Prehľadový/Review, Súčasný stav poznania/State of art, publikované v renomovaných a recenzovaných vedeckých časopisoch.
2. formulovať otázky nášho výskumu pri zohľadnení už publikovaného (s čím sme sa oboznámili)
3. keď máme naše otázky je nevyhnutné vybrať vhodný design vedeckej práce – srdcom vedeckej práce je tak metodológia,
4. keď máme design nastáva sekvencia troch fáz: – fáza zberu dát, – fáza interpretácie zistení, – publikovanie výsledkov výskumu.

Publikovaním výsledkov vedeckého výskumu vytvárame mozaiku znalostí ktoré môže v svojom ďalšom výskume použiť niekto druhý. Ide o dynamicky proces kedy naše poznatky si „žijú“ svoj príbeh aj po publikovaní, nakoľko ak sú iným výskumníkom použité sú aj citované pri prezentovaní ďalších nových výsledkov. Ide o množstvo krokov vždy však ide o umenie pracovať s dátami – preto čitateľovi uvedené skutočnosti v tejto kapitole monografie zvyrazňujeme.

Predstavme si ešte tri často používané „dvojičky“ pojmov:

- cieľ a hypotéza (str. 51);
- kvantitatívny a kvalitatívny výskum (str. 52);
- prípadová a kohortová štúdia (str. 53).

Cieľ výskumu a hypotéza

Aby sme dostali informáciu na tri tu položené otázky: Čo sa študovalo? Prečo sa to študovalo? Ako sa to študovalo? - heslovite si predstavíme dvojičku pojmov cieľ (odpovedajúce na prvé dve otázky) a hypotéza (odpovedajúca na tretiu otázku).

Cieľ je sformulovaný do krátkeho a jednoznačného tvrdenia. Cieľ považujeme za základ výskumu. Je mnoho kritérií definovania cieľu, dôležité je stanovenie uskutočniteľného cieľu (časová a finančná uskutočniteľnosť stanovených cieľov výskumu).

Hypotéza je logické a jasne definované tvrdenie, skutočnosť ktorej pravdivosť alebo nepravdivosť sa pri použití príslušnej metodiky výskumu vyhodnotí. Pre potreby použitej štatistiky na spracovanie vstupných dát experimentu sa sledujú a porovnávajú jasne definované konkrétne skupiny – poukazujúce na presne definované, vhodne vybrané a v experimente sledované parametre (variables). Dôležité je nezabudnúť na okrajové podmienky výskumu – presne definované, merateľné pre každý výskum špecifické parametre za ktorých sa výskum zrealizoval.

Pri záverečnom vyhodnotení hypotézy môžu nastať iba dve situácie:

- Potvrdenie hypotézy = hypotéza je pravdivá – jej pravdivosť bola dokázaná štatistickou analýzou zozbieraných dát.
- Nepotvrdenie hypotézy = hypotéza je nepravdivá – jej nepravdivosť bola dokázaná štatistickou analýzou zozbieraných dát.

Tiež je dôležité pripomenúť, že aj intuitívne nepredpokladaný výsledok výskumu má svoju výpovednú hodnotu. Aj nepotvrdenie hypotézy je dobrý výsledok výskumu.

Kvantitatívny a kvalitatívny výskum

Otázkou ako robiť výskum vstupujeme do metodológie výskumu – algoritmu výskumu – zodpovedať treba hneď dve pod-otázky prvú vo vzťahu k dátam a druhú vo vzťahu k výskumnému prístupu.

Prvá otázka – **sústredíme sa na dáta** – pýtame sa aké dáta:

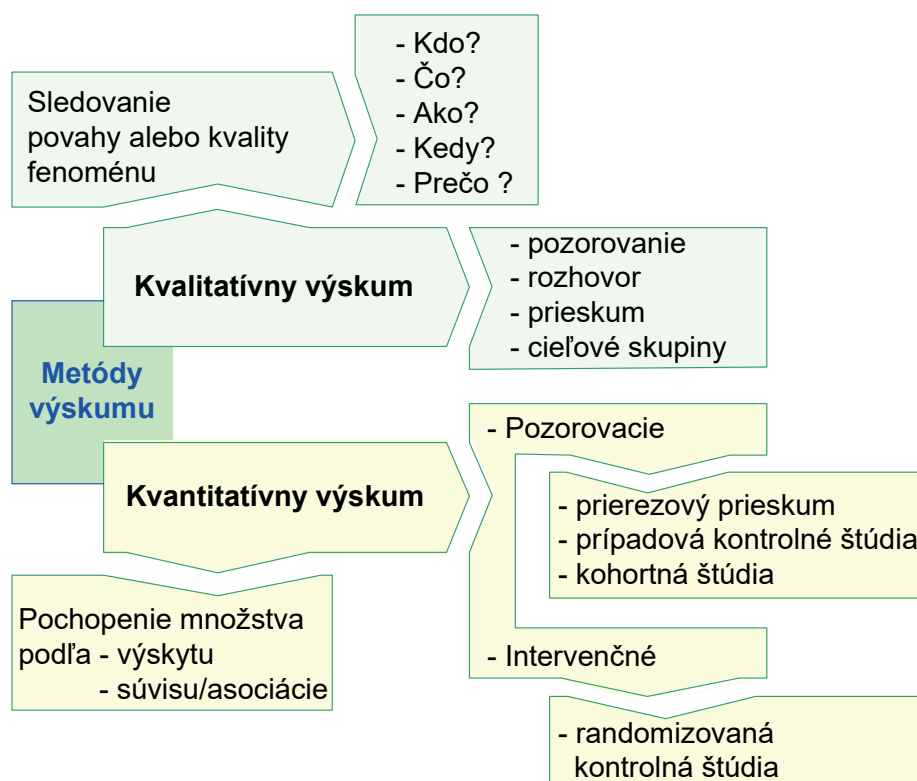
- aká vzorka populácie nás zaujíma,
- aké merateľne hodnoty budeme sledovať,
- aké parametre (prítomnosť/neprítomnosť rizikových faktorov)...

Druhá otázka – **sústredíme sa na metodológiu** – existujú dva vzájomne odlišne typy výskumu (obr. 15) používajúce vlastné výskumne prístupy:

- **kvantitatívny** výskum používajúci **deduktívny** prístup
- **kvalitatívny** výskum používajúci **induktívny** prístup

Pripomeňme že reťaz krokov pri oboch prístupoch je odlišná:

- 4 kroky v deduktívnom prístupe:
1-začíname teóriou (theory), 2-hypotézy (hypothesis),
3-pozorovanie (observation), 4-potvrdenie (confirmation).
- 4 kroky v induktívnom prístupe:
1-začíname pozorovaním (observations), 2-vzorka (pattern),
3-hypotézy (hypothesis), 4-teória (theory).



Obrázok 15 – porovnanie kvalitatívneho a kvantitatívneho výskumu

Prípadová a kohortová štúdia

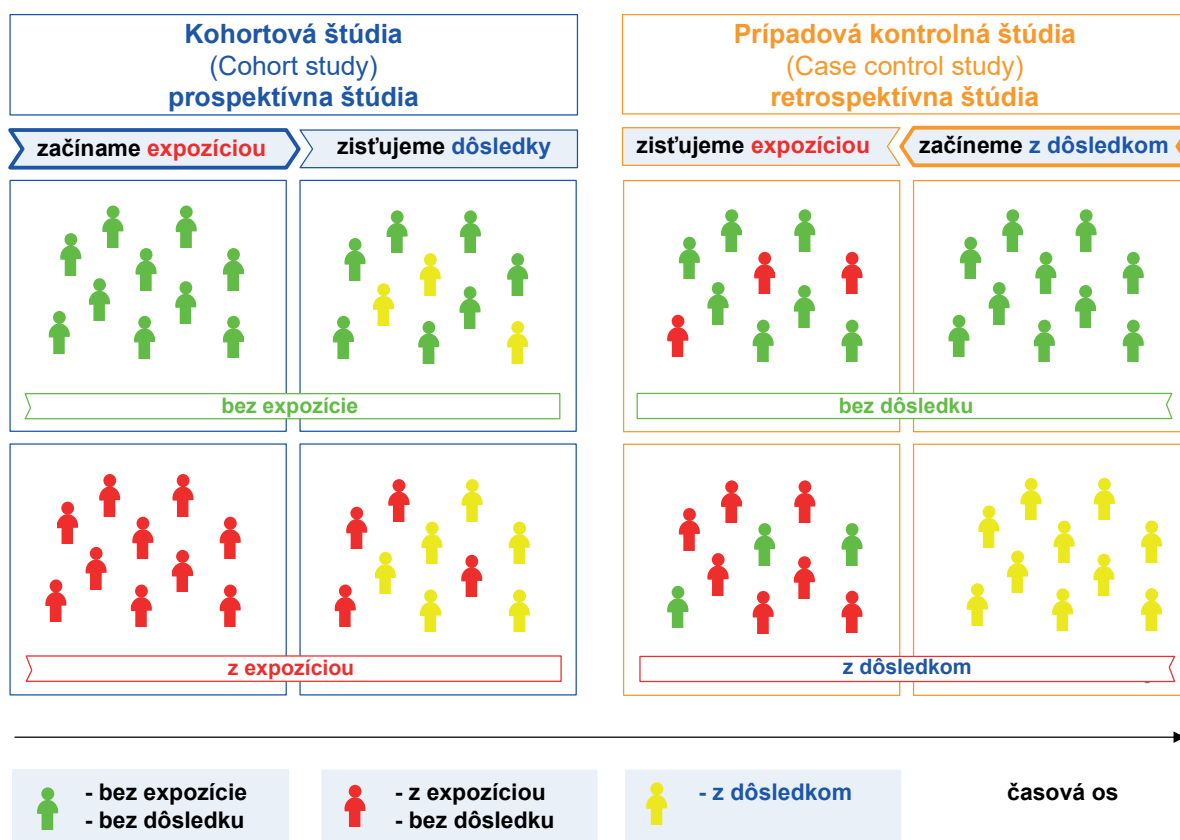
Začnime otázkou: Aké dve slová definujú históriu choroby? Odpoveď: expozícia a následok/dôsledok.

Pre oba hore uvedené pojmy existujú iba dve možné hodnoty:

pozitivita (prítomnosť) a negativita (neprítomnosť)

Tu uvedené využijem pri predstavení dvoch z množstva typov výskumných štúdií znázornených na obrázku 16:

- **kohortová štúdia** – prospektívna štúdia
začíname expozíciou a zisťujeme dôsledok,
považuje sa za pomalú a drahú metódu poskytujúcu silné dôkazy;
- **prípadovú kontrolnú štúdiu** – retrospektívna štúdia
začíname dôsledkom a zisťujeme expozíciu,
považuje sa za rýchlu a lacnú metódu poskytujúcu slabé dôkazy.



Obrázok 16 – porovnanie prípadovej a kontrolnej štúdie

1.5. Dáta v medicíne

Sústredíme sa na dôležitosť dát a práce s dátami – v dynamike zdravotníckeho poznania sa posúvame od holistickej medicíny cez evidence based medicínu k personalizovanej medicíne – implementáciu poznatkov technologického pokroku možno vidieť aj v medicíne:

- Holistická medicína
doktor vykonáva väčšinu diagnostiky sám – realizuje technologicky nenáročné vyšetrenia, rozhoduje sa na základe vlastných poznatkov.
- Evidence based medicine – medicínu založenú na dôkazoch
doktor má možnosť využiť širokú paletu rýchlych diagnostických prístrojov, rozhoduje sa za podpory existujúcich a získaných dát o pacientovi. S použitím online modernej infraštruktúry sú možné viaceré online procesy:
 - sledovanie databáz a diagnostických protokolov,
 - komunikácia s laboratóriami a expertami,
 - diaľkové sledovanie pacienta (telemedicína).

Nakoľko z technického hľadiska si uvedené procesy vyžadujú pripojenie viacerých užívateľov, pripomeňme nevyhnutnosť zabezpečenia: i) non-stop konektivity s možnosťou prístupu k veľkým dátovým súborom/balíkom a ii) kompatibility softvérového vybavenia u všetkých užívateľov.

- Personalizovaná medicína
doktor má možnosť „práce na kľúč“ – príkladom čoho sú 3D tlač a výroba tvrdých a mäkkých tkanív (príkladom tvrdých tkanív sú: zubné implantáty, náhrady za kosti, implantáty kĺbov; príkladom mäkkých tkanív sú cievy), simulačná príprava jednotlivých intervencií s možnosťou identifikácie a vyhodnotenia ich rizík vo „virtuálnom“ svete bez vplyvu na pacienta. Až následne sa realizuje najoptimálnejší variant intervencie (či ide o operačný zákrok, či ide o prípravu liečiva na individuálnej báze presne pre daného pacienta)

Technický pohľad na dáta a realizáciu prenosu dát:

Všetky informácie o akejkoľvek skutočnosti možno „zakódovať do dát“. Technologicky najjednoduchšia realizácia práce s informáciou v sebe zahŕňa prácu v dvojkovej sústave (možnosti sú 0, 1 jednoducho technicky realizované vypnutým a zapnutým elektrickým obvodom). Za informáciou považujeme akékoľvek číslo a tvrdenie. Číslo (vstupný údaj) v desiatkovej sústave vieme prostredníctvom príslušného matematického vzorca (algoritmu) skontrolovať do dvojkovej sústavy (získavam tak výstupný údaj). Tvrdenie má iba dve hodnoty pravda, nepravda – čo priamo možno stotožniť s hodnotami dvojkovej sústavy 0 a 1.

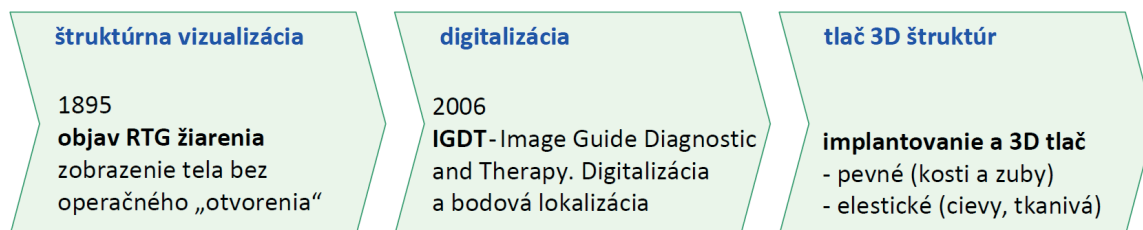
Pre názornosť môžeme čitateľovu pozornosť upriamiť na dve schémy:

1. inovácie v medicíne (obr. 17)
2. zjednodušený diagram aktivít a požiadaviek (obr. 18). Nejde tu o mentálnu mapu ktorá by bola rozsahom omnoho podrobnejšia.

Presná realizácia zdravotného zákroku si vyžaduje precíznu prípravu, ktorá by nebola možná bez dostatočného množstva dát a simulácií postupu na základe získaných dát.

Samostatnou kapitolou (pre požiadavky na veľké množstvo dát pri príprave terapeutického zákroku) je implantácia požadujúca údaje pre zhotovenie na mieru 3D komponentov (tu už nejde iba o zubné implantáty, technicky možno uplatniť všade tam, kde je možný prístup na „vloženie“ a upevnenie implantátu do organizmu za podmienky akceptovateľnosti materiálu implantátu jeho príjemcom – treba mať na zreteli imunologickú odpoveď organizmu, ktorá nemusí vždy prijať neznámy materiál. Pripomeňme, že priestorová 3D vizualizácia srdca je pre požiadavky zisku veľkého množstva dát náročnejšia na dávku ožiarovania, než zisk bežného RTG záberu pri štítkovaní plúc.

Tri významné míľniky histórie medicíny, medicínskej techniky a výučby - geometria a dáta v medicíne



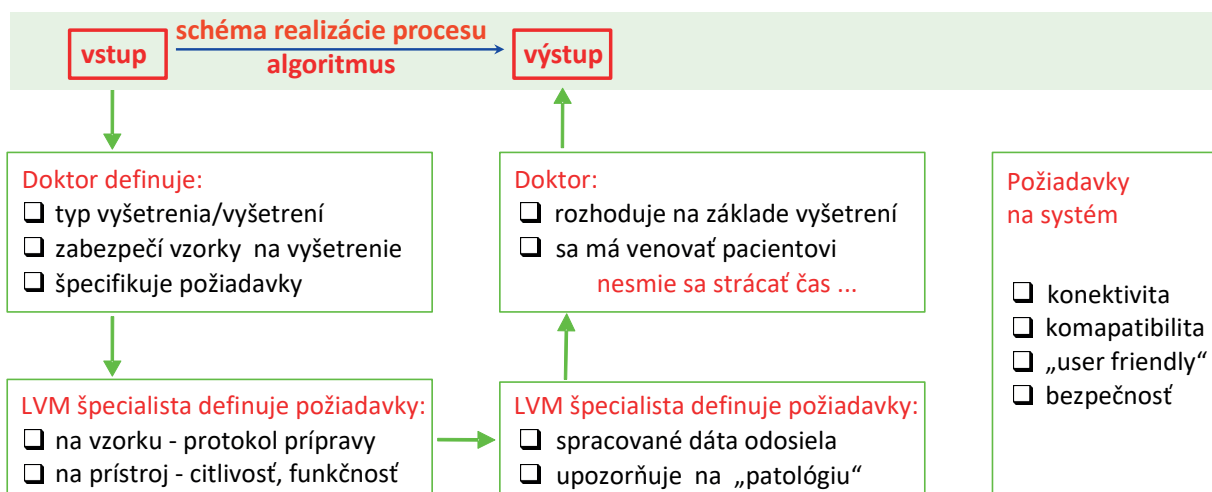
obrázok 17 – schéma inovácií v medicíne

Realizácie v zdravotníctve

- ☐ v digitálnom svete - je efektívne používať dáta prepísané do dvojkovej sústavy
- ☐ infraštruktúra - technickú a legislatívnu
- ☐ úrovne komunikácie - doktor-pacient, doktor-doktor, doktor-laboratórny servis, doktor-poistovňa, ...
pacient-poistovňa, pacient-farmaceut, ...

Dáta s ktorými pracujeme

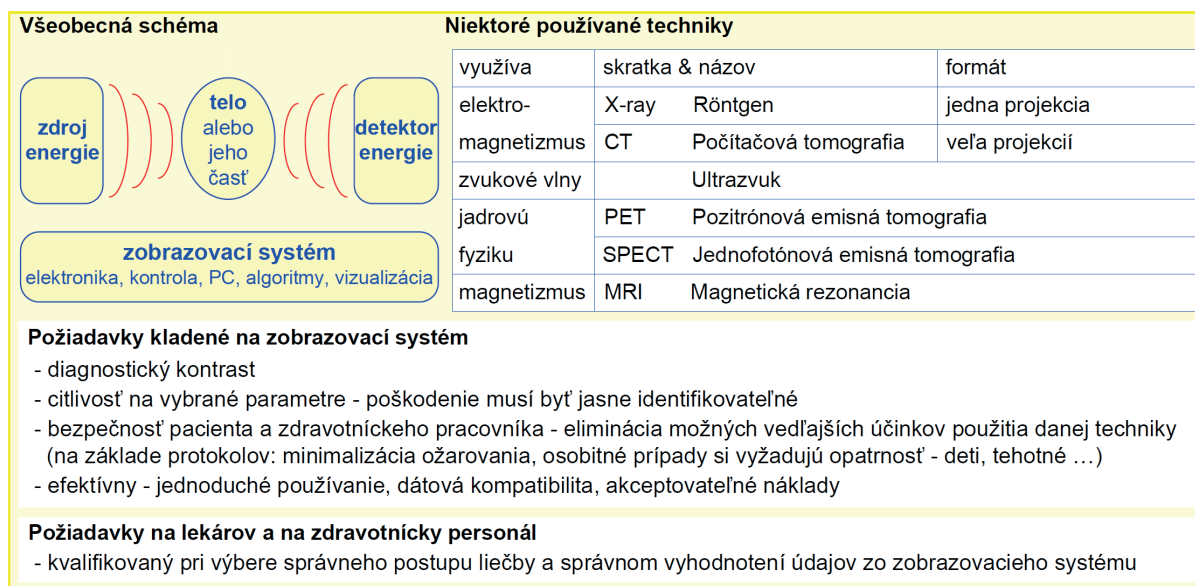
- ☐ majú rôzny stupeň zabezpečenia a ochrany
 - ☐ môžeme prijímať, pracovať s nimi, odosielať - do úložiska alebo oprávnenému používateľovi
- vyžaduje sa kompatibilita používaných algoritmov a softwaru
algoritmy pre rýchle „odsledovanie dôležitých parametrov“



obrázok 18 – diagram aktivít a požiadaviek

1.5.1 Neinvazívny zisk dát a presné spracovanie dát

Objavenie neznámeho lúča (x-ray) v roku 1885 spolu so snažením viacerých vedcov na konštrukciu dnes už štandardnej diagnostickej rtg techniky sa začína éra neinvazívnej diagnostiky a terapie spojenej s používaným sériou prístrojov rôznych funkcionalít zameraných na anatomickú, alebo metabolickú funkcionalitu organizmu. Na obrázku 19 je základná schéma zapojenia a prepojenia 3 „základných komponent“ – zdroj energie – exponovaná časť (telo, alebo jeho časť) – detektor. S presným nastavením timingom/načasovaným expozície sa stretávame až v dobe keď je použitie daného systému prepojené s počítačom, s ktorým je prepojený aj zber dát/prijem signálu z detektora (poznámka pôvodne používané fotoplatne pre rtg vyšetreniach sa tak nahradili plne digitalizovaným záznamom).



Obrázok 19 – všeobecná schéma diagnostických zariadení

Najmä vďaka vhodnému nastaveniu súradníc môžeme dosiahnuť presnú fokusáciu na tkanivo/štruktúru s ktorou možno v definovanom čase pracovať – uvedené možno využiť napríklad v:

- laserovej chirurgii (oftalmológii, dermatológii...)
- neinvazívnej ultrazvukovej chirurgii pri online sledovaní pacienta NMR prístrojom,
- online chirurgii pri zapnutom žiarení (rtg) – fluoroskopia.

Benefit kombinácie jednotlivých techník

Vďaka matematike sčítania dodanej energie správna fokusácia má význam aj pri bodovom použití vysokej energie pri jej dodaní prostredníctvom súčtu zo samostatných zdrojov generovaných viacerých zložiek o menšej (pre iné časti tkanív a organizmu neškodných) energii do jedného bodu v jednom čase – tak v druhej uvedenej kombinácii techník (ultrazvuk a NMR) – NMR prístroj dáva operátorovi on-line vizualizáciu operačného poľa (bodu intervencie/zásahu) a ultrazvukové vlny slúžia na dodanie energie formou tepla (nepoužíva sa tu radiácia). Ak nechcem prechádzajúcim teplom poškodiť tkaniva s ktorými nepracujem nepoužívam jeden zdroj, ale do jedného bodu zásahu fokusujem ultrazvukové „lúče“ z viacerých zdrojov – tak „dopravím“ až do bodu zásahu požadovanú energiu bez potreby čo i len otvorenia tela pacienta (príklad pri Parkinsonovej chorobe, terapeutický zásah je plne neinvazívny, nie je potreba otvárať lebku, zásah je pri vedomí pacienta ktorý je monitorovaný NMR (nukleárnou magnetickou rezonanciou), pacient ma počas zákroku možnosť kedykoľvek celý zákrok zastaviť stlačením bezpečnostného tlačidla.

Riziká – poznamenajme, že v časti o efekte žiarenia na ľudský organizmus sa k niektorým technikám vrátime. V medicínskej praxi sa žiarenie používa.

1.5.2 Štruktúrované a neštruktúrované dáta

Starostlivosť o verejné zdravie a o pacienta sa v tretom tisícročí spája s veľkým množstvom dát.

Dáta možno kategorizovať na:

- štruktúrované dáta – údaje o pacientovi, textové a tabuľkové súbory;
- neštruktúrované – vizualizácie statické a dynamické (videá jednotlivých vyšetrení a medicínskych úkonov).

Pri dátach sa čitateľ stretne aj s pojmami 3V, resp. 5V pri big dátach.

3V charakteristika identifikuje dáta na základe ich veľkosti (volume), rôznorodosti (variability), a rýchlosti (velocity).

V tretom tisícročí sa stretávame s pojmom big data - dáta vyžadujúce úplne nové algoritmy procesu ich spracovania, charakterizujeme ich pojmom 5V - volume (veľkosť dát), velocity (rýchlosť zmeny), variety (rôzne formy zdroju dát), veracity (neurčitosť - uncertainty dát), value (business value).

1.5.3 Digitalizácia získaného obrazu

Digitálny obraz je sieť meraní intenzity svetla, kde základným bodom pri sledovaní v dvojrozmernom priestore je jeden pixel a pri trojrozmernom priestore jeden voxel. Technicky najjednoduchšia realizácia prenosu a uskladňovania informácie je použitie dvojkovej sústavy (iba dva znaky 0,1). Uvažujme dve farby bielu a čieru, na tabuľke si ukážeme požiadavku na číselnú interpretáciu vizuálnej situácie - tak môžeme prejsť od najjednoduchšej situácie (čierna, biela) cez situácie zachytávajúce rôzne sýtosti/odtiene sivej farby – pripomeňme, že počítače používajú dvojkovú sústavu (obrázok 20).

počet bitov	prepočet	rozsah č + b	vizualizácia	
1	2^1	2		
2	2^2	4		
4	2^4	16		
8	2^8	256		1 - byte
12	2^{12}	4096		2 - byte
16	2^{16}	65536		

Obrázok 20 – schematický obraz generovania rôznych odtieňov čiernej a bielej – využíva sa algoritmus práce v dvoj-
kovej sústave, ukážka rozdielu pojmov 1-bite a 1-byte

Čím citlivejšie chceme identifikovať jednotlivé odtiene tým väčšie číslo potrebujeme – čo znamená väčšiu požiadavku na uložené dáta – pripomeňme, že stále sme iba pri jednom pixeli – jednej „kachličke“ celej mozaiky sledovaného obrazu. Statický i dynamicky obraz reprezentuje sériu neštruktúrovaných dát. Pripomeňme dve skutočnosti:

- oko ako detektor: naše oko nie je citlivé na veľké množstvo rôznej intenzity sivej farby,
- kamera ako detektor: väčšina zariadení na zber a prípravu medicínskych dát ma vysoko citlivé monochromatické kamery.

digitalizácia farieb - originál a jeho zápis cez červenú, zelenú, modrú

	255, 102, 0	0, 255, 255	255, 255, 255
	0, 0, 0	255, 255, 0	0, 0, 255
	204, 153, 255	153, 51, 0	0, 255, 0

255	0	255
0	255	0
204	153	0

102	255	255
0	255	0
153	51	255

0	255	255
0	0	255
255	0	0

Obrázok 21 – Dva spôsoby dátového spracovania farebného obrazu:

Nalavo znázorňujeme 9 rôznych farieb v jednotlivých poliach matice 3x3. Uvedený obraz pretransformujeme do formy dát s použitím základných farieb – červená, zelená, modrá – dvoma spôsobmi:

- vpravo hore: jedna matica z troch číslami v každom poli – pre každú základnú farbu
- vpravo dole: tri samostatné matice s číslami pre jednu základnú farbu.

Podobný postup v prideliovaní čísiel pre jednotlivé intenzity sivej možno aplikovať aj na tvorbu farebnej snímky pri kreovaní akejkoľvek farby kombináciou základných troch farieb zelenej, modrej a žltej (obrázok 21). Uloženie údajov do matice farebných pixelov môže byť dvojaké – 1) buď každý pixel bude obsahovať tri čísla – pre tri základne farby, alebo 2) budú tri siete/matice dát pre samostatne tri základne typy farieb.

Horeuvedené tvorí základ pre číselnú interpretáciu jedného obrazu/záberu získaného nasnímaním rôznych intenzít na detektore.

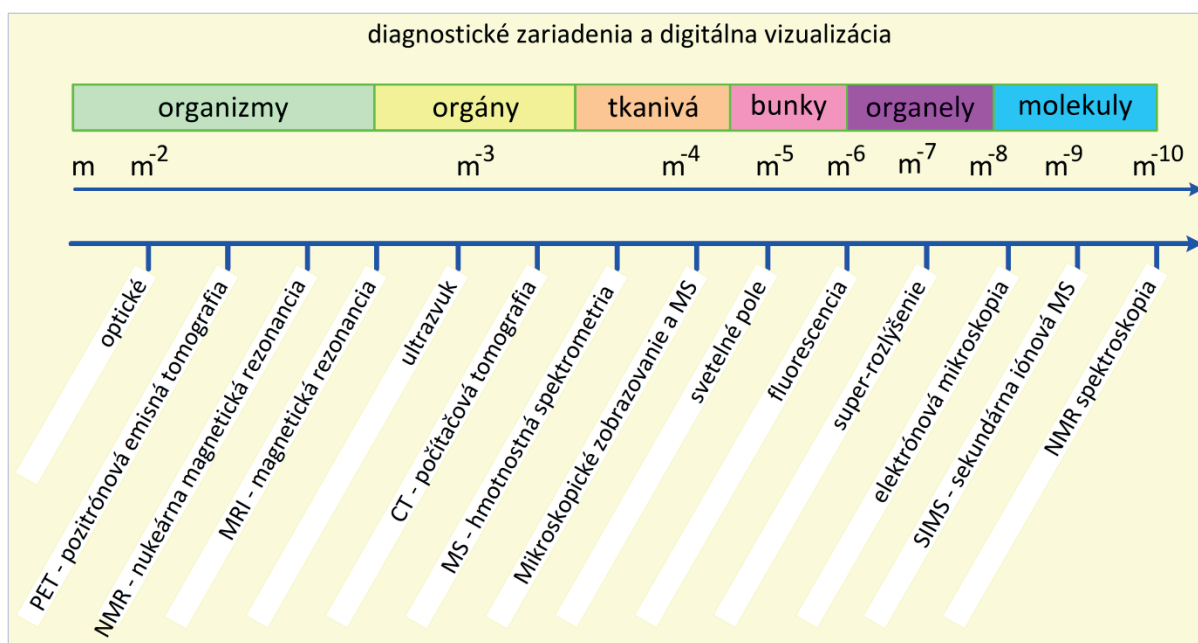
Moderné detektory tvoria maticu fotocitlivých plôšok – tu platí pravidlo: čím je celková snímacia plocha detektora rozdelená na viac fotocitlivých plôšok – pixelov – tým je vyššie rozlíšenie detektora.

Pre ďalšie digitálne spracovanie sa na detektor vstupujúci signál konvertuje na elektrický signál, ktorý je jednotlivu v danom čase spracovávaný pre každý z pixelov výsledkom je binárna informácia zabierajúca istú dátovú kapacitu. Uvedený algoritmus spracovania signálu platí pre tvorbu čiernobieleho, alebo farebného obrazu. Tu spomenutý algoritmus možno rozšíriť pri konštrukcii dynamickej sekvencie obrázkov (video), postupné ukladanie jedného obrázka (nazývaného aj snímka) naraz, čo vedie k veľkým veľkostiam súborov bez kompresie.

Pri práci s rozsiahlym súborom je dôležité voľiť správny algoritmus kompresie obrázku (resp. získaného súboru) aby bolo vždy možné pracovať so všetkými dátami originálneho obrázku (pripomeňme existenciu možnosti uložiť súbor v rôznych formátoch, vždy sa odporúča aj pri „bežnom“ fotografovaní digitálnym fotoaparátom uložiť na pamäťové médium aj kapacitne väčšie sekvencie obrázkov (video), postupné ukladanie jedného obrázka (nazývaného aj snímka) naraz, čo vedie k veľkým veľkostiam súborov bez kompresie pre daný obrázok). Nie je dobrý algoritmus kompresie pri ktorom sa niektoré údaje „stratia“ navždy. Pripomeňme existenciu viacerých typov formátov pre uskladnenie súborov, ako aj variáciu programov kde možno s dátami pracovať.

Pri použití digitálneho obrazu v medicíne nesmieme zabudnúť na jedinečnosť času a neinvazívnosť – je cieľom jedno vyšetrenie vykonať iba sekvencie obrázkov (video), postupné ukladanie jedného obrázka (nazývaného aj snímka) naraz, čo vedie k veľkým veľkostiam súborov bez kompresie. Nevyhnutná je schopnosť odlíšiť na výslednom zábere – pozitivitu lekárskeho nálezu od zistenia artefaktu sekvencie obrázkov (video), postupné ukladanie jedného obrázka (nazývaného aj snímka) naraz, čo vedie k veľkým veľkostiam súborov bez kompresie, alebo nesprávnym postupom pri expozícií.

Na obrázku 22 predstavujeme vybraný zoznam 14-tich techník využívaných pri diagnostike, kde výsledok je v digitálnej podobe. S takýmto výsledkom lekár, resp. konzílium viacerých lekárov môžu online pracovať, vrátane sledovania histórie choroby vďaka možnosti konštrukcie časovej sekvencie jednotlivých výsledkov a ich korelácií.



Obrázok 22 – zoznam 14-tich techník využívaných pri diagnostike v medicíne. Výsledok vyšetrení je v digitálnej podobe a môže byť lekárovi online k dispozícii

1.6. Zavedenie algoritmov umelej inteligencie

V kapitole 1.5.2 sme predstavili štrukturované a neštrukturované dáta a viac krát v predloženej monografii sme uviedli skutočnosť o vzrastajúcom množstve dát, vrátane dát potrebných a používaných v medicíne, v zdravotníctve a pri ochrane životného prostredia.

Uvedené dáta treba:

- spracovať presne (bez chyby) a rýchlo;
- sprístupniť príslušnému špecialistovi a pacientovi;
- ochrániť ich pred stratou, poškodením/zmenou – ich uskladnením v dátových úložiskách zabezpečených proti akejkoľvek nežiadanej manipulácii a nepovolenému prístupu k nim.

1.6.1 SWOT analýza práce s dátami v medicíne

Na vyhodnotenie IT infraštruktúry a prípadov použitia spracovania údajov sa často používa „SWOT“ analýza silných a slabých stránok, príležitostí a rizík. V tabuľke 6 uvádzame všeobecný príklad SWOT analýzy týkajúcej sa e-medicíny (digitalizácia dát a implementácia algoritmov umelej inteligencie v zdravotníctve). Kompatibilita nainštalovaných softvérových riešení je dôležitý faktor – ak nie je zabezpečená kompatibilita, lekár stratí čas, keď napríklad, dodaný röntgenový súbor sa nedá „otvoriť“.

Tabuľka 6 – SWOT analýza

Silná stránka – vysoká presnosť s možnosťou non stop prevádzky; – možno pracovať s veľkými súbormi, veľa pacientov; – možnosť spárovania výsledkov, hľadanie korelácií; – on-line konzília vďaka digitalizácii, on-line monitoring dlhodobých pacientov ktorý vyžadujú terapiu, ale nevyžadujú hospitalizáciu; – algoritmy strojového učenia – „machine learning“ a ďalšie pokročilé algoritmy analýz; – vzdelávacie algoritmy a simulačné techniky; – zber dát zo senzorov.	Slabá stránka – potrebuje technickú infraštruktúru (elektrina, internet, stabilná teplota v dátových úložiskách); – potreba bezpečnosti (boj proti nepovolenému prístupu, algoritmy sledovania aktualizovania „firewall“); – potreba vybudovať dôveru zdravotníckeho pracovníka a pacienta k včleneniu informačných technológií do procesu (požiadavka „user friendly“ pre doktora ktorý sa má venovať pacientovi, nie počítaču); – aktualizácie softwaru požaduje kontinuálne vzdelanie sa zdravotníckych pracovníkov; – potreba plán B pre prípad neštandardnej poruchy – ak vypadne systém stále treba vedieť liečiť pacienta.
Príležitosť Príležitosťou je zlepšenie slabých stránok a eliminácia rizík, čo možno urobiť rôznymi krokmi.	Riziko – zlého zabezpečenia dát; – možná neochota niektorých zdravotníckych pracovníkov prijať IT riešenia; – vysoké finančné náklady na vybudovanie, realizáciu, údržbu IT systémov v zdravotníctve.

Aj keď budeme v tejto časti uvádzať technické pojmy, technický prístup prioritou je vždy pri dodržaní etických princípov a úcty k ľudskému životu – z ktorej vychádza aj starostlivosť o pacienta. Lekár je ten kto rozhoduje. Lekár a zdravotnícky personál sú tí ktorí majú ľudský prístup k pacientovi.

Argument zavádzania algoritmov umelej inteligencie je v automatizácii procesov (diagnostika, terapia a na pozadí prebiehajúce procesy súvisiace so zabezpečením chodu nemocnice, ambulancie a dlhodobej starostlivosti o pacienta s cieľom časovej a personálnej efektivity) – nejde o nahradenie človeka – doktora špecialistu, ide iba o časové urýchlenie vybraných procesov (príklad sledovanie CT snímku a informovanie – poukázanie na možné anomálie, ktorých finálne vyhodnotenie vždy robí lekár).

Zdravotníctvo a spracovanie dát v minulosti

Katalóg zdravotných a epidemiologických rizík bol užší, zdravotnícka dokumentácia bola v papierovej forme, prevažoval prístup holistickej medicíny, doktor mal viac času na pacienta, nevyhnutné operačné zákroky boli vykonávané „priamo/manuálne“.

Zdravotníctvo a spracovanie dát dnes

Globalizácia rozširuje zoznam vonkajších rizík pre obyvateľstvo (vrátane zdravotných a epidemiologických). Telekomunikačná infraštruktúra (vrátane satelitného pripojenia a prepojenia) umožňuje zdieľanie digitálnych informácií, online poradenstvo a spoluprácu odborníkov.

Digitalizácia zdravotných záznamov poskytuje možnosť pre algoritmy analýzy korelácie údajov (príklad: kontraindikácie zvolenej liečby, súlad so štandardnými diagnostickými a terapeutickými postupmi, súlad s vedeckými poznatkami) a zisk údajov s vysokou relevantnosťou.

Objem dát si vyžaduje prispôbenie spracovania dát (napr. prechod zo sekvenčného k paralelnému spracovaniu dát a k práci s veľkými dátami), zvýšené dátové úložisko a rozšírené požiadavky na zabezpečenie údajov, sledovanie viacerých vyšetrení, efektívne plánovanie požadovaných vyšetrení a eliminácia nepotrebných vyšetrení.

Predstavenie nových chirurgických „robotických“ systémov pracujúcich s presnosťou stotiny milimetra (chirurgické intervencia s použitím systému da Vinci atď.).

Očakáva sa, že lekár sa niekedy prispôbi pravidelným technologickým aktualizáciám, to vyžaduje aj trpezlivosť pri zavádzaní nových systémov do prevádzky (je to škodlivé ak lekár venuje viac času počítaču ako pacientovi).

Vízia zdravotníctva do budúcnosti

Okrem etického a právneho aspektu je/bude prioritou nadobudnutie dôvery špecialistov v algoritmy automatizácie v zdravotníctve a v akceptácii uvedených postupov. Je pochopiteľné, že nie všade na svete bude mať lekár k dispozícii „full equipped“ pracovisko a bude schopný realizovať svoju prax aj v lokalitách postihnutých katastrofami, alebo v lokalitách s poškodenou/nedokonalou infraštruktúrou (cestná sieť, elektrina, telekomunikácie). Aj za týchto podmienok je možné vykonávať rozhodnutia a liečbu založenú na dátach. Napríklad vďaka zavedeniu lacných rýchlych testov – „rapid tests“ a nižším nákladom vyšetrení menej náročných na infraštruktúru. Pomôže to aj pri zbere dôležitých epidemiologických údajov, ktoré pomáhajú v procese hľadania – monitorovania – kontrolovania ohnisk a šírenie chorôb.

Predpokladáme, že sa čitateľ stretol s pojmami umelá inteligencia / artificial intelligence, machine learning, internet vecí – technológie zasahujúce rôzne segmenty ľudskej aktivity od autonómneho riadenia automobilov po „customised“ na záujmy zákazníka orientovaná reklama a odporúčania produktov v e-shops (Amazon a podobné). Uvedené technológie možno využiť i v medicíne pri analýze a sledovaní zdravotnej dokumentácie a výsledkov vyšetrení, pri medicíne „na diaľku“ – resp. personalizovanej medicíne, kedy bez potreby hospitalizácie je možno niektoré diagnostické úkony a sledovania na pacientovi robiť mimo ordináciu, pri bežných aktivitách. Tak napríklad v dnešnej dobe sa pacient s astmou môže stretnúť so smart riešením inhalátora, ak sa do prístroja vsunie pamäťové médium, SIM karta, GPS monitorovacia jednotka – aktivity pacienta v podobe dát môže následne lekár vyhodnotiť. Príklad prístroja: SMART INHALER, každá poloha, zemepisná dĺžka a šírka môžu byť zaslané do cloudu (úložiska dát), ak má dieťa astmu a používa tento inhalátor, jeho lekár vie o každom jeho čase kedy je inhalátor používaný a kde je používaný – pomáha to lekárovi k zisku/k tvorbe mentálnej

mapy aktivít pacienta – t.j. ku kreovaniu obrazu aktivít a externých vplyvov, resp. expozícií. Načo to je dobré? Lekár získava individuálne dáta ako sa astma správa na každom jednotlivom pacientovi – využitím IT a Big data systémov sa tak otvára perspektíva individualizovanej medicíny. Ak existuje základná dátová infraštruktúra používanie modulov umelej inteligencie a data analytics otvára nové dimenzie v medicíne. Personalizovaná medicína zároveň požíva vedcov k sledovaniu ochorení na molekulárnej úrovni. Práve genetická informácia a jej sledovanie je parketou Big Data.

Tu uvedené si predstavíme z pohľadu medicíny, informatiky a vplyvov životného prostredia detailnejšie v nasledujúcej časti našej monografie.

1.6.2 Metódy umelej inteligencie v environmentálnej medicíne.

Citlivosť jedinca na rôzne formy znečistenia životného prostredia, a ich vplyv na jeho zdravotný stav, závisia od mnohých faktorov. Napríklad, dôležitú úlohu môžu hrať jeho genetický kód (DNA), predchádzajúca expozícia k tým istým alebo iným toxínom, alergické reakcie, jeho vek, stav jeho imunitného systému, dĺžka a frekvencia expozície, atď. Keďže ide o mnoho faktorov, je často ťažké predpovedať použitím štandardných metód, že aký vplyv bude mať špecifická expozícia na jeho zdravotný stav. Je preto ťažké mu poradiť, ktorým faktorom sa vyhnúť, alebo ak už došlo k expozícií, akú liečbu odporučiť na zlepšenie zdravotného stavu.

Štandardné metódy sú založené na systéme pravidiel a závislostí, ktoré keď vyhodnotíme na základe známych vstupných údajov, dospejeme k rade, alebo k diagnóze. Keďže však vstupných údajov je v tomto prípade veľa, a závislosti sú komplikované, je často ťažké dospieť k optimálnemu výsledku. Vďaka rapídному napredovaniu výpočtovej techniky za posledných 7 rokov, nové spôsoby analýzy sa stávajú prakticky aplikovateľné, založené na metódach umelej inteligencie.

Metódy umelej inteligencie používajú rôzne modely neurónových sietí na počítači, ktoré sú reprezentované veľkým počtom neurónov. Každý neurón v danej vrstve je spojený s mnohými neurónmi v predchádzajúcej vrstve pomocou neurónových synapsií. Každá synapsia je charakterizovaná synaptickou váhou. Rôzne modely môžu mať medzi troma až vyše sto vrstvami. Prvá vrstva predstavuje vstupné údaje, a posledná vrstva pravdepodobnosti rôznych výsledkov. Najčastejšie, výsledok ktorému zodpovedá najväčšia pravdepodobnosť je prehlásený za výsledok analýzy. Synaptické váhy sú jedinými parametrami modelu. Na začiatku tréningu modelu sú tieto váhy náhodne inicializované, a v procese tréningu modelu sa váhy menia počítačovým algoritmom tak, aby výstup modelu prislúchajúci k daným vstupným údajom zodpovedal pozorovanému výsledku. Pokiaľ je k dispozícii dostatočné množstvo prípadov kde je známy výsledok i hodnoty vstupných faktorov, je možné naučiť ten model predpovedať správne výsledky s veľkou pravdepodobnosťou (často výrazne nad 95%). Ukazuje sa, že dobre tréningovaný model potom dokáže správne predpovedať výsledky nielen pre vstupné faktory použité pri jeho tréningu, ale aj pre nové prípady s novými kombináciami vstupných faktorov. Preto je možné taký model pokladať za veľmi inteligentný interpolátor. Je to podobné lekárovi, ktorý za mnoho rokov praxe na základe jeho skúsenosti (teda, pozorovaných prípadov) dokáže predvídať výsledok. Rozdiel je v tom že takýto počítačový model je omnoho jednoduchší než lekárove myslenie, preto nemôže nahradiť lekára. No môže mu výrazne pomôcť, lebo je založený na veľkom počte vstupných faktorov a veľkom počte prípadov (teda veľkom počte rôznych kombinácií vstupných faktorov), ktoré by si lekár sám nezvládol zapamätať a spracovať aby mohol poskytnúť správnu diagnózu pre nové prípady v novej oblasti. Výhodou metód umelej inteligencie je, že nepotrebujú vybudovať komplikovaný systém pravidiel a závislostí k analýze. Namiesto toho len potrebujú veľké množstvo prípadov – často desiatky alebo stovky tisíc, a niekedy až milióny. Pokiaľ je veľké množstvo dát k dispozícii, ich spracovanie je relatívne jednoduché a štandardné vo vede počítačových neurónových sietí. Iba vyžaduje výkonné počítače, ktoré sú schopné veľkého množstva maticových násobení za sekundu (maticové násobenie je bežná operácia v lineárnej algebre). Často sa na to používajú počítače ktoré sú vybavené grafickými kartami (podobnými ako sa používajú na počítačové hry), ktoré urýchľujú maticové násobenie.

Aplikácie umelej inteligencie v zdravotníctve

a) **pri sledovaní digitálneho obrazu** – predstavíme tri často používané varianty:

- **vyhodnocovanie RTG snímok**

Najčastejšou aplikáciou metód umelej inteligencie v zdravotníctve je vyhodnocovanie obrázkov z Röntgenového snímkovania (X-ray), CT skenu, a Magnetického Rezonančného snímkovania (MRI). Používa sa napríklad pri diagnóze mozgovej porážky, pre vyhodnotenie pozície blokácie a rozlíšenie živého a mŕtveho tkaniva. Tieto údaje sú veľmi dôležité pre nasadenie správnej liečby (v situácií kde nesprávna liečba môže mať rozsiahle negatívne následky).

Metódy umelej inteligencie pomôžu rádiológovi vyhodnotiť snímky rýchlo, čo je veľmi dôležité lebo každá minúta zdržania vedie k úmrtiu miliónov synapsií v mozgu človeka.

- **Rýchla diagnóza tuberkulózy**

Podobné metódy sa tiež môžu použiť na rýchlu diagnózu tuberkulózy v Röntgenových snímkach. Toto je dôležité najmä v rozvojových krajinách kde je nedostatok skúsených rádiológov, a v prípade epidémií môže vyhodnotenie výsledkov trvať niekoľko dní pre každého jedinca. To vedie k zbytočným obavám u zdravých, a k prenášaní choroby po dlhšiu dobu u chorých. Vďaka metódam umelej inteligencie môže dôjsť k pravdepodobnej diagnóze za pár sekúnd. Rádiológ je hneď upovedomený o tých prípadoch kde je vysoký risk choroby. V tomto prípade teda metódy umelej inteligencie konajú úlohu filtra – z veľkého množstva jedincov alebo pacientov identifikujú tých kde je vysoké riziko choroby, a ku ktorým sa rádiológ, alebo lekár má prioritne venovať. A to v situáciách kde často nie je k dispozícii modernejšia technológia a preto vyhodnotenie výsledkov je komplikovanejšie.

- **Detekcia rakovinových nádorov**

Metódy umelej inteligencie sa tiež začínajú používať na detekciu rakovinových nádorov, poškodenia väziva a kĺbov, a v rastúcom počte iných prípadov vyhodnotenia snímok z rádiologických vyšetrení.

b) **Návrh liečby pri množstve parametrov**

Okrem vyhodnotenia snímkou, metódy umelej inteligencie sa čoraz častejšie začínajú používať v lekárskej praxi i na návrh lekárskej liečby ktorá môže závisieť od veľkého množstva vstupných faktorov. Tým sa stávajú pomocníkom pre lekára.

Aplikácie umelej inteligencie pri sledovaní vplyvov životného prostredia

V podobnom kontexte je rozsiahly výskum venovaný budovaniu modelov umelej inteligencie na predpovedanie vplyvu znečistenia životného prostredia na zdravie jedinca.

Tie zahŕňajú:

- štúdie chemickej toxicity,
- štúdie genetického vplyvu na citlivosť pri expozíciách,
- štúdie vplyvu mnohých faktorov počas dlhej doby,
- štúdie genetických zmien v dôsledku expozície,
- zrýchlenie analýzy veľkého množstva textových dokumentov z minulosti ktoré mohli obsahovať dokumentované užitočné údaje o prípadoch z negatívnym vplyvom životného prostredia na zdravie (hlbková analýza údajov), atď.

Metódy umelej inteligencie sa stávajú užitočným nástrojom pri týchto štúdiách vplyvu znečistenia životného prostredia, a vykazujú potenciál pre použitie v klinickej praxi aj v tejto lekárskej oblasti v skorej budúcnosti.

1.6.3 Progres smerom ku Generatívnej Umelej Inteligencii

Za posledných 10 rokov došlo k rapídneho vývoju metód umelej inteligencie. Toto bolo vďaka rastu rýchlosti a pamäťovej kapacity výpočtovej techniky, hlavne hardvérových akceleratorov GPU (grafické procesory) ktoré umožňujú paralelné spracovanie veľkého objemu dát. Zrýchlilo to vývoj algoritmov neurónových sietí, na ktorých inžinieri pracovali aj v minulosti no ich praktická aplikácia bola limitovaná až pokiaľ výpočtová technika nedosiahla dostatočný výkon.

Od roku 2012, zavedenie algoritmov konvolučných neurónových sietí viedlo k výraznému pokroku v oblasti počítačového videnia („computer vision“), vráťanie klasifikácie obrázkov (t.j., určenia čo sa na nich nachádza), detekcie objektov na obrázkoch a ich lokalizácie, a segmentácie obrázku na oblasti rôzneho typu. Tieto metódy sú v súčasnosti úspešne používané na automatickú detekciu štruktúr (napríklad nádorov, lézií, lokálneho krvácania, atď.) na rádiologických obrázkoch z röntgenových, CT-sken, MRI a iných diagnostických metód v medicíne, ako sme zdôraznili v predchádzajúcich odsekoch tejto práce. Keďže tieto metódy vyžadujú relatívne malé neurónové siete s desiatkami miliónov synaptických spojení, ich tréning a inferencia je v súčasnosti možná na menších výpočtových zariadeniach.

Od roku 2017, rada nových algoritmov bola vyvinutá, založená na novom typu neurónových sietí využívajúcich koncept takzvaného transformátora („transformer“) ktorý zahŕňa pozorostné („attention“) vrstvy siete učiace sa korelácie medzi rôznymi slovami vo vete. Tieto algoritmy umožnili prudký vývoj metód spracovania prirodzeného jazyka („natural language processing“). Zahŕňajú klasifikáciu a preklad textu, extrakciu kľúčových slov z textu, rozpoznanie pomenovanej entity, sumarizáciu textu, analýzu sentimentu, atď. Tieto metódy našli uplatnenie v medicínskej praxi, napríklad môžu pomôcť lekárom pri klinických rozhodnutiach poskytnutím informácií zosumarizovaných z textu zdravotných spisov a článkov, tiež môžu pomôcť pri prepise hovoreného slova, vytvorení klinickej dokumentácie, mapovaní textu na kódy procedúr pre poisťovacie spoločnosti, atď.

Rapídny rozvoj týchto metód viedol k rozšíreniu takzvanej generatívnej umelej inteligencie („generative AI“). Ide o všeobecný pojem vyjadrujúci že umelá inteligencia nie len identifikuje predstavené objekty, no dokáže vygenerovať odpovede vo forme textu alebo tiež obrázkov na základe otázok používateľa. Nedávnym príkladom sú rôzne verzie chatbotu ChatGPT ktorý dovoľuje užívateľovi uviesť popri ich otázke aj kontext problému a pomôcť procesu umelej inteligencie uvedením príkladov počas konverzácie. Najnovšie verzie ChatGPT a podobných generatívnych modelov sú tréňované na veľkom objeme dokumentov, internetových článkov, atď., a ich vedomosti su zakotvené v neurónových sieťach ktoré majú stovky miliárd synapsí. Ich tréning vyžaduje veľké množstvo počítačových jednotiek a preto stojí milióny dolárov. Hoci iba veľké spoločnosti dokážu takéto modely vytvoriť, menšie modely sústredujúce sa na špecifické vedomostné oblasti (napríklad v medicíne) možno vytvoriť inkrementálne z týchto modelov pridaním menšieho počtu nových dát a použitím procesov prenosu učenia („transfer learning“) a jemného ladenia („fine tuning“). Keďže množstvo generatívnych modelov strednej až veľkej veľkosti je voľne k dispozícii ako „open source“ vďaka servisom ako napríklad huggingface.com, je tu veľký potenciál zahrnúť vedomosti z celých oblastí vedy a inžinierstva do novo vytvorených modelov pre špecifické oblasti, ako je napríklad medicína.

Najväčším problémom v súčasnosti je vierohodnosť odpovedí týchto modelov. Tie odpovede môžu navonok vyzeráť veľmi vierohodne, no pozorné overenie zistí že dosť často si stroj vymyslí nesprávne veci – často sa to nazýva že model halucinuje („hallucinate“). Výskumu vedúcemu k viac vierohodným odpovediam, a taktiež k vytvoreniu optimálneho kontextu počas konverzácie (takzvaných „prompts“), a k výberu dát pre tréning ktoré redukujú skreslenie (bias), sa v súčasnosti venuje veľa pozornosti v oblasti umelej inteligencie.

2. DLHODOBÁ EXPOZÍCIA ČASTICIAM

**91% populácie žije na miestach,
kde kvalita ovzdušia presahuje
WHO odporúčané limity.**

**4,2 milión úmrtí každý rok
je následkom vonkajšieho
znečistenia ovzdušia.**

<https://www.who.int/airpollution/en/>

2. DLHODOBÁ EXPOZÍCIA ČASTICIAM

Prvú kapitolu našej monografie sme začali príbehmi troch profesorov, bádateľov vo vede a v zdravotníctve – inými slovami začali sme dobrými správami. Dynamika života ja späť aj so správami typu **varovania**. V systéme identifikácie a definovania rizík hrá nezastupiteľnú úlohu svetová zdravotnícka organizácia WHO, ktorá vo svojich správach o množstve aj odvrátiteľných úmrtí súvisiacich s fenoménom „Air polution“ poznamenáva:

- 4,2 milión úmrtí ročne, ako dôsledok vystavenia znečistenú okolitého (vonkajšieho) ovzdušia,
- 91% z celosvetovej populácie žije na miestach, kde kvalita vzduchu prekračuje WHO limity,
- 3,8 milión úmrtí ročne, ako dôsledok expozície v domácnosti. (WHO, air pollution).

Znečistené ovzdušie nevidíme a čuchom nie sme vždy schopní identifikovať každé expozičné riziko, často sa o ňom hovorí, ako o neviditeľnom zabijakovi.

Tabuľka 7 spracovaná podľa WHO údajov z pred-Covidovej doby znázorňuje pre celkový počet úmrtí spôsobených štyrmi vybranými diagnózami na percentuálne množstvo spôsobené v následku znečisteného ovzdušia

piktogram				
percento úmrtí na diagnózu	29 % rakovina pľúc	24 % mŕtvica	25 % srdcové ochorenie	43 % ochorenie pľúc

Tabuľka 7 – Percentuálne množstvo úmrtí spôsobených znečisteným ovzduším (spracované podľa zdrojov: WHO – air pollution a Cavalieri S)

2.1. Prevencia ako motivácia špecifického výskumu

Pri posudzovaní škodlivých účinkov toxických látok prítomných vo vzduchu, vo vode a v pôde treba brať do úvahy aj ich vzájomné pôsobenie na rôznej úrovni. Látky pôsobiace na organizmus, na ktorý súčasne pôsobia aj vonkajšie faktory (fyzikálne, chemické a biologické). Vznikajú tak sústavy nedefinovaných systémov, ktoré sa navzájom ovplyvňujú, aj keď ich vzájomné súvislosti často **nepoznáme**.

Na mieste je sekvencia minimálne troch otázok a odpovedí:

1. **A čo poznáme?** Tu je jednoduchá odpoveď: Identifikujeme zmeny – poškodenie ľudského organizmu rôzneho stupňa, intenzity, dlhodobé alebo krátkodobé, liečiteľné, alebo neliečiteľné. V prvej kapitole našej monografie sme si už predstavili:

- **Históriu choroby**, rizikové faktory a základnú terminológiu,
- **Rozloženie** najčastejšie sa vyskytujúcich **chorôb** farebne rozdelených do troch kategórií, kde jednou bolo životné prostredie (obrázok 5, strana 25).

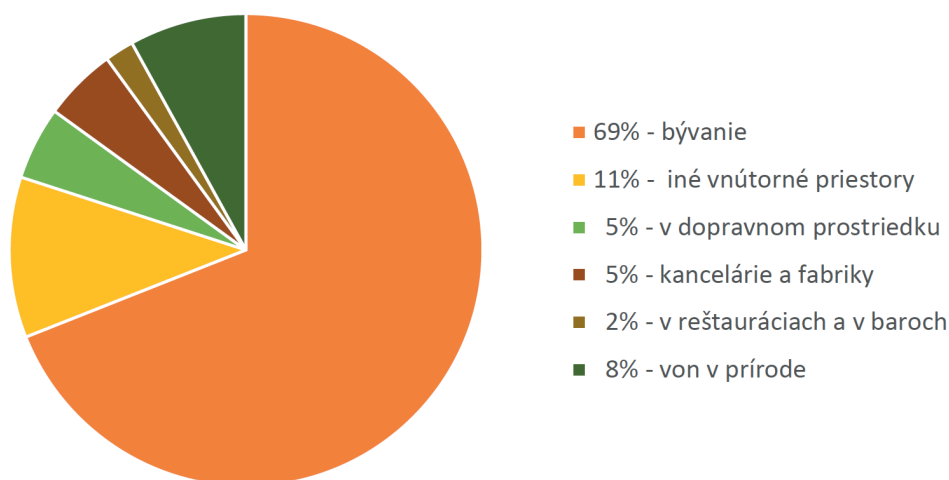
Zo širokej palety dát, vedeckou komunitou publikovaných údajov o ľudstvom už poznanom tu na obrázku 23 pripomeňme údaj poukazujúci na **aktivity človeka** a ich celkovom **expozičnom čase** vsunuté do „koláčového grafu“ z publikácie autorov Al Kindi GY, Al-Haidri HA, 2023.

Už sme poznamenali existenciu množstva dát, často neanalyzovaných – príkladom poukazu na dôležitosť akejkoľvek sledovanej skutočnosti je aj v schopnosti **spárovať dáta**, hľadať prostredníctvom dát príčiny a súvislosti.

Napríklad dýchacieho systému sa týkajú tieto dva už spomenuté údaje:

- V úvode prezentované: 3,8 milión úmrtí ročne, ako dôsledok expozície v domácnosti. (WHO, air pollution)
- V grafe (obrázok 23) prezentované: 69% života strávi človek v domácnosti.

Príkladom relatívnej lacnej a efektívnej verejnozdravotníckej intervencie, tak ako nám v jednej z review prednášok pre Tropic-team o živote a zdraví v chudobných karajinách predstavil už spomenutý profesor Vladimír Krčméry je v uprade piecok/kachlí použitím komína. Pre čitateľa z bohatých regiónov našej Zemegule, z Európy, Ameriky a či Japonska banalita a bežnosť. Pozor! – pripomeňme dôležitosť starostlivosti o každé zariadenie (o každý z výdobytkov dnešnej doby) tu ide o navyhnutosť pravidelných inšpekcií vykurovacích telies. Asi iba keď Európan vidí Kominára „v akcii“ si uvedomí čo sú sadze, a koľko vedia napáchať škody. Človek si niekedy ani nevie predstaviť skutočnosť bývania spolu 7 člennej a možno aj viacčlennej rodiny v improvizovanom príbytku o malej rozlohe bez funkčnej ventilácie (čiže aj bez komínu s vývodom odpadového plynu a sadzí mimo interiéru).



Obrazok 23 – Vybrané aktivity človeka v čase. Až 87% z času strávi človek v interiéri. 87% je výsledok aritmetického súčtu bývanie (69%) + iné interiérové aktivity (11%) + kancelária a fabrika (5%) + bar a reštaurácia (2%) - (spracované podľa údajov uvedených v práci autorov Al Kindi GY, Al-Haidri HA, 2023)

Pre obyvateľa Európy, Ameriky, Japonska majú údaje z obrázku 23 tiež varovný signál:

- ak máte možnosť vyberte si pre zdravie najvhodnejšiu lokalitu pre svoje bývanie, tiež si vyberte najvhodnejší projekt usporiadania miestností a aktivít. Starostlivo vyberajte aj miesta v dome, kadiaľ bude prúdiť vzduch do Vášho príbytku, ktorý budete dýchať. Uvedieme dva príklady:
 - prvým nadvižeme na informáciu „komíny a piecky“ – dôležité je uvedomiť si chemickú stránku aktivít spojených z varením (za použitia teploty dodanej energie tu dochádza k veľkému množstvu chemických reakcií na ktoré reaguje náš čuch);
 - druhým si pripravíme priestor pre poukaz na náš výskum a tiež nadvižeme na príbeh od profesora Lindingera – starostlivo vyberajte aj miesta v dome, kadiaľ bude prúdiť vzduch, ktorý budete dýchať vo Vašom príbytku;
- ak máte možnosť aktívnej občianskej angažovanosti využite vedecké poznatky definujúce zdravotné riziká, ktoré sa nesmú podceňovať, naopak v rámci prevencie treba nájsť spôsob ich minimalizácie alebo úplného odstránenia.

- 2. Ako a kedy pomôcť?** Aj tu by sme očakávali jednoduchú odpoveď: Rýchla a včasná pomoc. Naša skúsenosť z riešenia intervencií pri akútnych udalostiach zasahujúcich väčšie množstvo obyvateľstva, napríklad v čase katastrofy alebo pandémie poukazuje na nemalé úsilie zdravotníckeho a ďalšieho obslužného personálu splniť požiadavku rýchlej a včasnej intervencie (Šramková, M. a kol., 2018).

3. Ešte niečo poznáme? Ešte niečo nám môže pomôcť? Aj tu je jednoduchá odpoveď **v pripravenosti na základe dát**, na základe údajov definujúcich typy a stupne rizík a spôsoby ochrany – prevencie predchádzať daným rizikám (Foltin V., 2018, 2020)

Uvedené tri otázky a odpovede tvoria základ budovania „stavby“ systému multidisciplinárneho a kooperatívneho prístupu pri riešení akýchkoľvek, aj tých na prvý pohľad neriešiteľných problémov. Prechádzame tak od individuálneho prístupu priamej intervencie zameranej na pacienta k celospoločenskému verejno-zdravotníckemu prístupu zabezpečujúcemu edukáciu, prevenciu a monitoring zdravotného stavu skupiny občanov všetkých vekových kategórií.

Prevencia založená na vedeckých dôkazoch sa tak stáva motiváciou pre výskum – jeden konkrétny výskum dlhodobej expozície externým fyzikálnym faktorom si tu predstavíme.

Odpoveď organizmu na dlhotrvajúcu expozíciu externým fyzikálnym faktorom možno ilustrovať aj na:

1. výskume vplyvov aerosólov alebo prachu obsahujúceho aj ťažké kovy z priemyselného znečistenia, ale aj
2. na vplyve žiarenia.

Uvedená ilustrácia vyžaduje cielený výber tkaniva a orgánového systému/funkcie na ktorej možno ilustrovať expozíciou podmienené zmeny výrazne ovplyvňujúce zdravie jedinca pri zachovaní etických princípov výskumu a sledovania dát. Práve na získaných dátach a na porovnaní dvoch sledovaní skupín exponovaných (prítomných v oblasti sledovaného faktoru) a neexponovaných (neprítomných v oblasti sledovaného faktoru) organizmov je možné uvedené skutočnosti ilustrovať.

Tak napríklad s použitím moderných spektroskopických a mikroskopických techník sme schopní zachytiť sekvenciu morfológických zmien spôsobených aj týmito vybranými faktormi (priemyselné znečistenie, ožiarovanie) a diskutovať „health degradation“ mechanizmus. Spomenutá sekvencia morfológických zmien otvára pomyselnú „maliarsku paletu“ reťaze odpovedí organizmu na expozíciu a už spomínanú históriu choroby.

Pripomeňme zásadu – akákoľvek patológia/choroba začína na bunkovej úrovni, v čase keď bunke vlastný samoregeneračný mechanizmus nezabezpečil elimináciu „votrelcov“ – pre bunku škodlivých entít. Moderná mikroskopická technika s prídavnými diagnostickými modulmi – identifikačnými technikami sú prvou voľbou vo vizualizácii, v hodnotení a v sledovaní morfológických zmien. Pripomeňme ešte:

- Vedomosť o dôležitosti nasledovnej definície: funkčné zmeny sú následkom morfológických zmien.
- Existenciu limitov použitých mikroskopických a ďalších detekčných techník (tým sme sa podrobne venovali v našich predošlých prácach).
- Dôležitosť morfometrie a algoritmov na spracovanie už získaného obrazu sledovaných štruktúr.

V prípade expozícií časticiam si následky expozície znečistenému životnému prostrediu ukážeme na dvoch typoch priameho a súčasne aj primárneho stretu organizmu z vonkajším prostredím: dýchací systém a transplacentálny transport.

Čitateľ môže mať tieto námietky/poznámky k nášmu výberu:

1. prečo dýchací systém a nie koža, keď vonkajšej expozícii je človek vystavený aj cez kožu? Naša odpoveď: celková plocha kože je cca 2 m², ale ak by sme do plochy rozostreli celý vonkajší dýchací systém vrátane jednotlivých alveolov máme oveľa väčšiu plochu cca 80 m² (sú vedecké práce, kde autori hovoria až o 160 m²).

Už sme uviedli, že čo do plochy je dýchací systém najviac exponovaný kontaktu s vonkajším životným prostredím „narodeného“ jedinca – pripomeňme, že tam hrá dôležitú úlohu alveolárno-kapilárna bariéra cez ktorú formou difúzie prebieha transport „častíc“ O₂ a CO₂ (tu v rýchlosti pripomeňme: ⁱ⁾ vďaka rozdielu tlakov v dvoch priestoroch ¹mimo pľúc a ²v pľúcach dochádza k transportu vzduchu/plynu až po úroveň alveolov a ⁱⁱⁱ⁾ vo vzduchu nachádzajúce sa komponenty považujeme za častice a presun O₂ resp. CO₂ definujeme ako presun častíc). Okrem existencie gradientu tlakov vďaka zapojeniu podporného mechanizmu svalov bránice pri dýchaní neskôr pripomenieme ďalšiu dôležitú úlohu mechanizmu samoočisťovania dýchacích ciest – mucociliary clearance.

2. Prečo transplacentárny transport? Pre prenatálne dieťa je „prvým“ vonkajším životným prostredím jeho matka a tak primárny a iba jeden jediný fyziologický kontakt prenatálneho dieťaťa s vonkajším životným prostredím je jeho kontakt s matkou, realizovaný cez pupočník a cez transplacentárnu bariéru. Ako uvedieme neskôr okrem transplacentárnej bariéry tu hrá dôležitú úlohu aj prítomnosť Hofbauerových buniek s fagocytárnou aktivitou.

Naše horeuvedené odpovede definujú náš zámer čitateľovi predstaviť na dátach založené sledovanie životného prostredia a zdravia nie iba na teoretickej báze. Ziskom dát sa nič nekončí – už existujúce dáta treba vyhodnotiť – práve v sledovaní možných korelácií a vo vyhodnotení množstva dát získaných z rôznych meraní je kúzlom jasnej identifikácie rizík, vrátane tvorby mapy rizík.

V tejto kapitole si predstavíme:

- Dýchací systém ako biomarker
- Placentu a pupočníkovú krv ako biomarker

Nakoľko, okrem primárneho kontaktu, v rámci sekundárneho kontaktu významnú úlohu môžu zohrať depozity z rezervoárov v organizme – jedným z tkanív kde sa také depozity uskladňujú sú kosti a z kostí to sú aj zuby. Ak sa behom času v rámci obranných mechanizmov organizmu podlimitné množstvá daných látok ihneď nezmatabolizujú a nevylúčia sa z tela von, môžu sa formou spomenutých depozitov v organizme skladovať a tak generovať riziko pre prípad ich neskoršieho uvoľnenia do organizmu vo väčšom, už nie podlimitnom množstve v neznámom čase a príčinením vopred neznámeho podnetu.

Pripomeňme, že technická nedetekovateľnosť akejkoľvek komponenty nehovorí o istote neexistencie danej komponenty v inej než práve skúmanej časti organizmu.

Pripomeňme tiež etické princípy a významnú pomoc pri výskume s použitím presne definovaných animal štúdií dlhodobej expozície presne definovanej skupiny laboratórnych zvierat, kde sú jednoznačne určené časom (dĺžkou expozície) a miestom (vzdialenosť od zdroja expozície) pre obe porovnávajúce skupiny experimentálnu (exponovanú sledovanému vplyvu) a kontrolnú (neexponovanú danému vplyvu).

Z pohľadu verejného zdravotníctva dôležitú úlohu ďalej zohrávajú štúdie vychádzajúce zo sledovania samotných diagnóz u pacientov/obyvateľov a ich výskyt a časový priebeh daného ochorenia. Pri poukaze na konkrétne ochorenie (jeho dynamiku a rizikové faktory) spomeňme aj skutočnosť existencie možných komorbidít (kedy výskyt jedného ochorenia zväčšuje pravdepodobnosť skorého nástupu a progresu iného ochorenia).

2.2. Dýchací systém ako biomarker

Dýchací systému sa vyznačuje primárnym a plošne najväčším kontaktom s vonkajším prostredím. Za fyziologických podmienok nezastupiteľnú úlohu pri výmene plynov a dýchaní má proces samoočisťovania dýchacích ciest („mucociliary clearance“). Pri jeho poškodení sa vdychované častice väčšie ako 3 μm dostanú až do pľúc kde pôsobia ¹⁾mechanicky a ²⁾chemicky. Toto vedie k poškodeniu mikroskopickej štruktúry respirabilného pľúcneho tkaniva. Dochádza k proliferácii väziva a tým k redukcii mikroskopickej štruktúry alveolárno-kapilárnej bariéry cez ktorú dochádza k výmene O_2 a CO_2 nachádzajúcich sa vo vdychovanom a vydychovanom vzduchu. Samoočisťovanie dýchacích ciest má dve fázy (ktoré si predstavíme): 1) tracheobronchiálnu a 2) alveolárnu. Pľúca majú aj funkciu exkrečnú denne je pľúcami odstraňované asi 800 ml vody. Napríklad intenzívne sú vylučované z tela von pľúcami prchavé latky, alkohol, acetón a iné. Tento poznatok využíva skorá diagnostika niektorých ochorení napríklad diabetes mellitus (cukrovka). Výskyt tohto ochorenia má v dnešnej dobe stúpajúcu tendenciu. Vzduch prúdi do pľúcnych alveolou dýchacími cestami. Poškodenie samoočisťovania dýchacích ciest je jedna z hlavných príčin vzniku a recidív ochorenia dýchacieho systému, tu svoju úlohu v súčasnosti má životné prostredie.

Ďalej poznamenajme dve skutočnosti:

- dôležitú úlohu v uvedenom procese majú riasinky, ktoré ak nie sú poškodené, kmitajú plynule, koordinovane, pričom ich pohyb nepodlieha nervovej kontrole, čo dokazuje skutočnosť že kmitajú ešte post mortem.
- dôležitou súčasťou sú pohárikové bunky v slizničnom epiteliálnom reliéfe dýchacieho systému pri intaktnom mucociliary clearance.

Položme umelcovi/konštruktérovi otázku: **V čom je krása?**

Jedna z odpovedí môže byť: Krása je v detaily.

Mechanizmus samoočisťovania dýchacích ciest

Predstavme si jeden z detailov autonómneho obranného mechanizmu ľudského organizmu - samoočisťovania dýchacích ciest, ktoré má dve už spomenuté fázy:

Tracheobronchialna fáza si žiada za fyziologických okolností intaktnosť slizničného reliéfu epitelu. Slizničná epitelová výstelka je tvorená viacrakovým cylindrickým epitelom s riasinkami a s vmedzerenými pohárikovými bunkami. Riasinky buniek slizničného epitelového reliéfu sú na svojom povrchu pokryté hlienom za jeho tvorbu zodpovedajú jednobunkové mucinózne žľazy, pohárikové bunky a tubulo-alveolárne žľazy prítomné v lamina propria mucosa. Vdychované nerozpustné častice deponované v tejto časti dýchacieho systému sa transportujú k nosohltanu mucociliárnym exkalátom. Toto očisťovanie je charakterizované pomerne veľkou rýchlosťou odsunu deponovaných častíc s veľkosťou nad 5 mikrometrov, ktoré prebieha rádo-vo v hodinách. Tento odsun je zabezpečený pohybom riasiniek viacrakového cylindrického epitelu, ktorý je pokrytý za fyziologických okolností jemnou 7 mikrometrovou hrubou hlienovou vrstvou. Riasinky kmitajú pulzne koordinovane pritom ich pohyb nepodlieha nervovej kontrole. Dôkazom toho je ich kmitanie ešte niekoľko hodín po smrti. Pri pobyte v prašnom prostredí životného prostredia vdychnuté častice sú posuňované vo vrstve hlienu späť po dráhe ktorou vnikli dnu do dýchacích ciest po inhalácii. Pri depozícii častí hrajú dôležitú úlohu tieto faktory: inercia, Brownov molekulárny pohyb, koncentrácia aerosólu, rýchlosť vzdušného prúdu, špecifická hmotnosť častíc, ich rozpustnosť, frekvencia dýchania, uhly dichotomickeho vetvenia pľúcneho stromu a iné. Rýchlosť transportného pásu závisí od pohybu riasiniek a od kvality hlienu čo je opäť podmienené faktormi vnútorného a vonkajšieho prostredia. Časť partikul/častíc transportovaných mucociliárnym eskalátom človek vykašle, alebo prehltnie. Po prehltnutí prechádzajú cez tráviaci systém.

Alveolárna fáza. Proces eliminovania deponovaných nerozpustných vdychnutých častíc cestou alveolárnej fazy prebieha časovo oveľa pomalšie. Elimináciu vdychnutých častíc v tejto oblasti možno rozdeliť do troch časových úsekov:

- Iniciálna fáza trvajúca 24 hodín;
- Intermediálna fáza trvajúca 3 až 10 dní;
- Predĺžená fáza trvajúca mesiace.

Alveolárne očisťovanie je zabezpečené fagocytózou vdýchnutých častíc, alveolárnymi makrofágmi. Plúcne alveolárne makrofágy sú hlavnými fagocytujúcimi bunkami pľúc. Sú to voľné bunky, ktoré spočívajú na povrchu alveolárnej steny. V tejto pozícii slúžia ako prvotná obrana proti polymorfným časticiam inhalovaného prachu spolu s baktériami a ich toxínmi. Tieto fagocytujúce bunky sú súčasťou mononukleárneho fagocytujúceho systému. Bunkový povrch alveolárných makrofágov má receptory pre IgG a C3B. Alveolárne makrofágy sú neustále eliminované a opäť nahradzované. Migrujú alebo sú pasívne transportované z alveolárneho povrchu do bronchiol a činnosťou riasiniek sú nesené cez horné dýchacie cesty k nazofaryngu. Potom sú prehltnuté, alebo spútom vykašlané von. Mechanizmus pohybu alveolárných makrofágov k bronchiolom zatiaľ nie je úplne jasný. Na ilustráciu dôležitosti tohto procesu samoočisťovania možno uviesť, že denná očista pľúc predstavuje astronomické číslo u mačiek je očistná rýchlosť alveolárných makrofágov $2 \cdot 10^6$ alveolárných makrofágov za hodinu. Merania u ľudí by nepochybne dali oveľa väčšie číslo. Pôsobenie alveolárných makrofágov je neobyčajne účinné, výsledkom čoho je, že alveolárny povrch pľúc za fyziologických okolností je sterilný hoci do pľúc sa vdychovaním dostáva veľké množstvo mikroorganizmov – často patogénnych.

Človek pre svoj život potrebuje, aby vdychoval čistý upravený vzduch. Vdychovaný vzduch je v nosovej dutine:

1. očisťovaný prítomnosťou vibrissae - riasiniek, ktoré sa nachádzajú v dutine nosnej a kmitajú. Ich pohyb nie je pod nervovou kontrolou. Kmitajú i post mortem,
2. navlhčený za čo zodpovedá sekrét z pohárikových buniek a prevažne mucinózne sekrét z tubuloalveolárných žliaz,
3. ohriaty spleťou tenkostenných žíl prítomných v štruktúre dutiny nosnej.

Takto upravený vdýchnutý vzduch je transportovaný ďalej. Táto úprava vdýchnutého vzduchu chýba u jedinco, ktorí dýchajú ústami a nie nosom. Uvedený poznatok má preventívny charakter pre imunológiu v praxi dospelých a detí. Je to zlozvyk s nepríjemnými následkami.

Vplyv znečisteného životného prostredia

Po dlhé desaťročia sme žili v spoločnosti, ktorá ignorovala ochranu životného prostredia a v záujme svojich krátkodobých ekonomických cieľov trpela jeho devastáciou. Veľké škody sa napáchali v okolí tovární na spracovanie niklu, ortute, magnezitu alebo cementu. Naša práca z roku 2002 s názvom **Is the trachea a marker of the type of environmental pollution?** publikovaná v *Laryngoscope* ukázala, že k pochopeniu morfológických zmien vyvolaných znečisteným životným prostredím na trachee a pľúcach je potrebný elektrónovo-mikroskopický výskum založený na nových diagnostických metódach pre klinickú prax. Prínosom práce pre klinickú prax je zistenie, že štrukturálne zmeny na apikálnom povrchu slizničného reliéfu dýchacích ciest sú diferencované, nie uniformné, uvedieme dve lokality:

- niklová huta Sered'. Tu riasinky, ako nutná súčasť pre realizáciu mucociliary clearance vykazovali paralýzu, výsledkom čoho hlien a v ňom zanorené prachové častice sa hromadili, nemohli byť posunované formou eskalátu smerom von z dýchacích ciest. Tak vznikla prekážka v trubicovitom orgáne trachee pre fyziologické dýchanie, čo uľahčilo rozvoj infektu. Poznamenajme, že výskyt ochorenia dýchacieho systému má stúpajúci charakter v celosvetovom meradle, ako na danú skutočnosť poukazuje aj WHO.
- Chemický kombinát Rudňany, dnes už mimo prevádzky, zanechal na trachee vplyvom Hg apláziu riasiniek na slizničnom reliéfe a prítomnosť ochorenia dýchacieho systému s dlhotrvajúcimi následkami pre život jedna.

Mimo už spomenutého pripomeňme riziká sledovania aj „neidentifikovaných komponentov“ na skládkach, ako aj riziká práce s neznámym odpadom. Tu poznamenajme, že pri výrobe akumulátorov starej generácie sa používal olovený prach – veď konštrukciu takéhoto akumulátora možno predstaviť v 4 časových oknách znázornených na obrázku 24, kde štvrtým oknom je prítomnosť batérie na skládke, t.j. v životnom prostredí tvorenom vodou, pôdou a vzduchom. Tu pripomeňme, že hlavne v rozvojových krajinách život s odpadom je

aj sociálnym problémom (príklad: 1 autobatéria má cca 10 kg Pb, recyklácia Pb z batérií – približná výkupnú cena 1USD/0,5 kg Pb)



Obrázok 24 – schematický náčrt životného cyklu akumulátorovej batérie v 4 etapách:

- 1) samotný Pb prach,
- 2) natlačenie Pb prachu do kovových sít,
- 3) skonštruovaná batéria,
- 4) batéria ako odpad – Pb prítomné v batérii, ako nebezpečný odpad.

Pripomeňme dôležité parametre pre sledovanie faktorov znečistenia životného prostredia, ktorými sú:

- exponovaná plocha – definujúca tkanivo vybrané ako biomarker,
- doba expozície – okolnosti, krátky/dlhý čas,
- rozmer exponovaných častíc – číslo v μm (mikrometroch),
- vlastnosti exponovaných komponentov – o akú štruktúru – či ide o atóm, alebo o molekulu; schopnosť tvorby aerosolov; toxicita; rozpustnosť.

Na základe hore uvedeného môžeme:

- definovať vybraný typ znečistenia,
- vizualizovať sekvencie znečistenia.

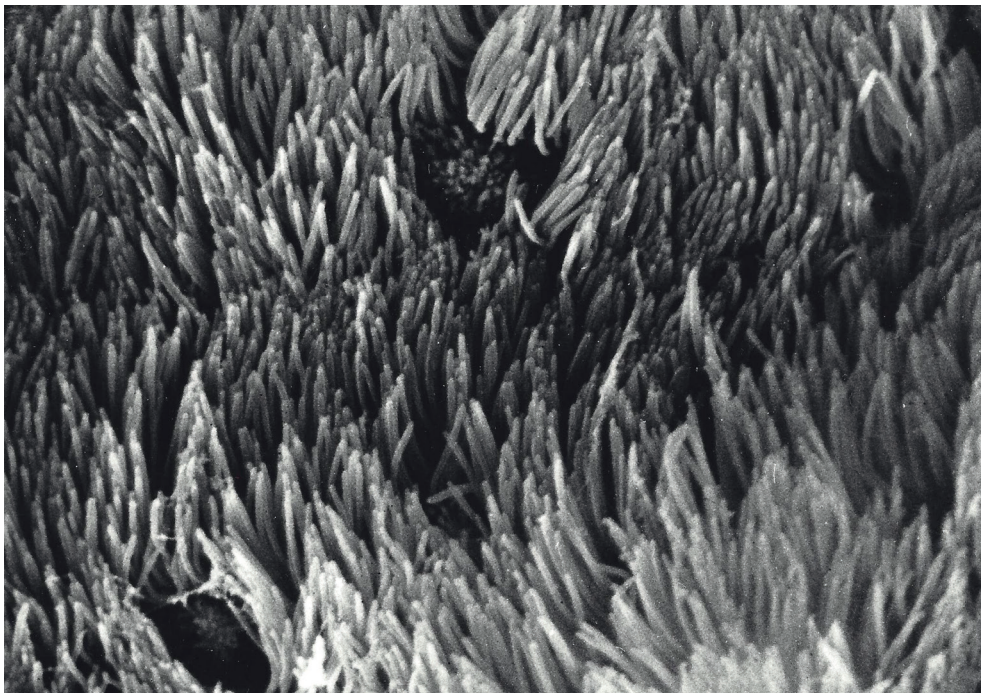
Pamätajme si, že štrukturálne zmeny v organizme predurčujú funkcionálne zmeny.

Vyhodnotenie zistení

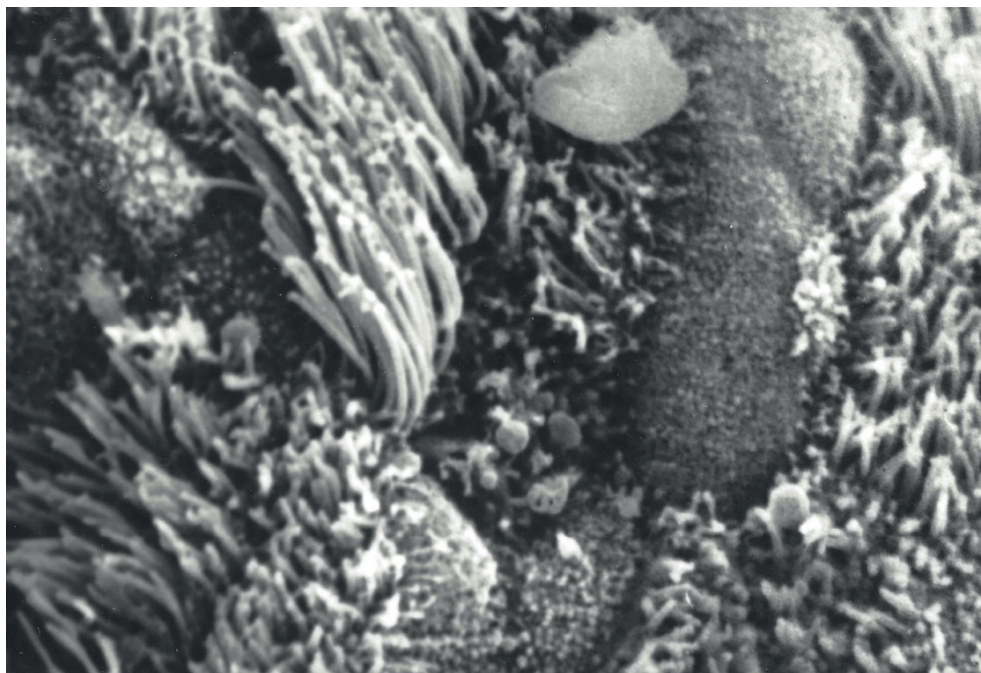
Výsledky a analýzy dvoch vybraných vplyvov externých faktorov na dýchací systém môžu byť podkladom pre možnosť voľby v rozhodovacom procese, na úrovni jednotlivca, rodiny, ale aj krajiny a v prevencii, ktorá je lacnejšia v porovnaní s terapeutickým odstraňovaním podcenených dôsledkov externých faktorov. Identifikovaný a predstavený štrukturálny obraz sledovaných zmien poukazuje na funkčné dôsledky príslušnej expozície. Nezávisle od typu zvoleného zdroja expozície (pri znalosti existencie daného zdroja) vhodnou voľbou parametrov čas (príklad: dĺžka a pravidelnosť expozície), vzdialenosť od zdroja expozície, tienenie možno následky externých faktorov minimalizovať.

Vybrané zistenia v elektronovomikroskopickom obraze.

A



B



Obrazok 25 – Trachea v REM – porovnanie kontrola a experiment:

A) kontrolná skupina –

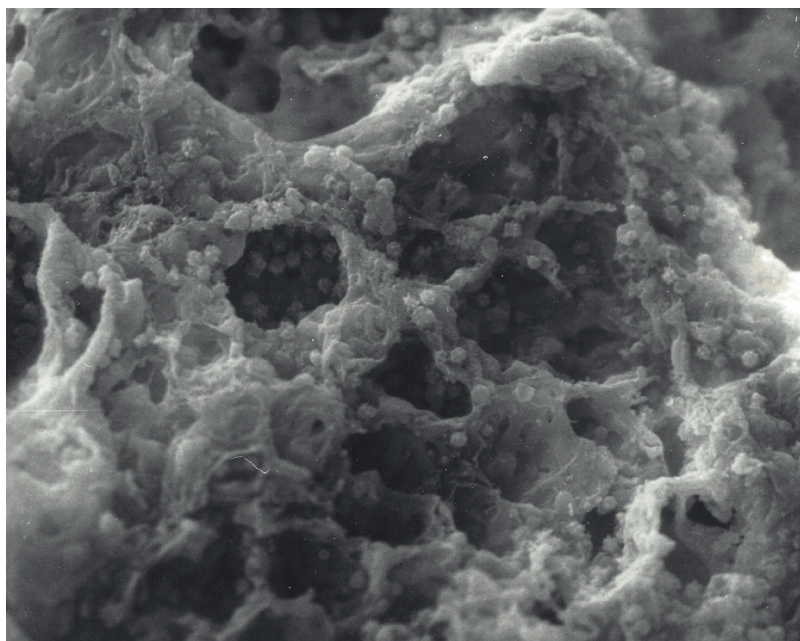
intaktný povrchový slizničný reliéf za fyziologických okolností – funkčné samoočisťovanie dýchacích ciest.

B) experimentálna skupina –

dlhodobá 6 mesačná expozícia znečisteniu v blízkosti priemyselného podniku na produkciu ortuti a arzenu v Rudňanoch. Bioindikčná stanica vo vzdialenosti 3000 m od zdroja expozície.

Zistenia: absencia riasiniek, hypersekrecia hlienu – obranná reakcia organizmu na neustále chemické a mechanické dráždenie, bez riasiniek nefunguje samoočisťovanie – preto hlien stagnuje. Na snímke je masa hlienu prítomná v strede hore. Na snímke je aj bunka s prítomnou regeneráciou riasiniek – lokalizovaná vpravo na okraji.

Zväčšenie pri oboch obrázkoch 5000 x.



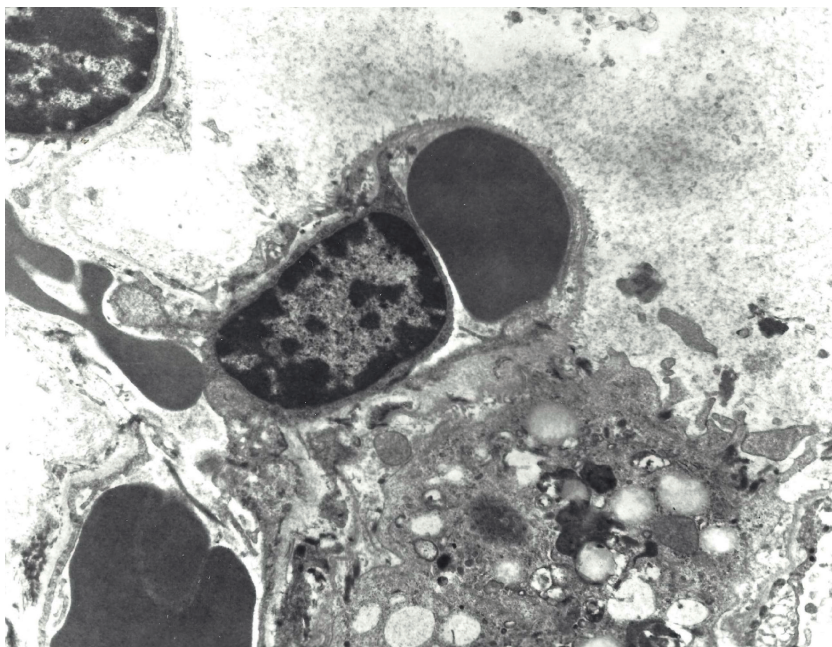
Obrazok 26 – Plúca v REM – samoočisťovanie dýchacích ciest

Alveolárna faza

Elektrónogram pľúc – intaktný obraz za fyziologických okolností – králik Vienna Gray, priečny rez alveolami.

Zistenie: vo vnútri alveolov je vidno množstvo alveolárnych makrofágov, za fyziologických okolností sa tieto alveolárne makrofágy nachádzajú na vnútornej ploche alveolov a cez póry medzi alveolami môžu penetrovať podľa potreby funkčného stavu pľúc v danom okamihu. Alveolárne makrofágy sú zodpovedné za sterilné prostredie pľúcnych alveolov. Toxické látky v ovzduší môžu poškodiť rozpoznávaciu schopnosť alveolárnych makrofágov, čím sa zníži rezistencia hostiteľa na infekčné častice.

Zväčšenie 4639 x.



Obrazok 27 – Plúca v TEM – fagocytujúci alveolárny makrofág vo vnútri pľúcneho alveola

Experimentálna skupina – králik Vienna Gray, dlhodobo 6 mesiacov žijúce v blízkosti priemyselného podniku na produkciu ortuti a arzenu v Rudňanoch. Bioindikačná stanica vo vzdialenosti 3000 m od zdroja expozície.

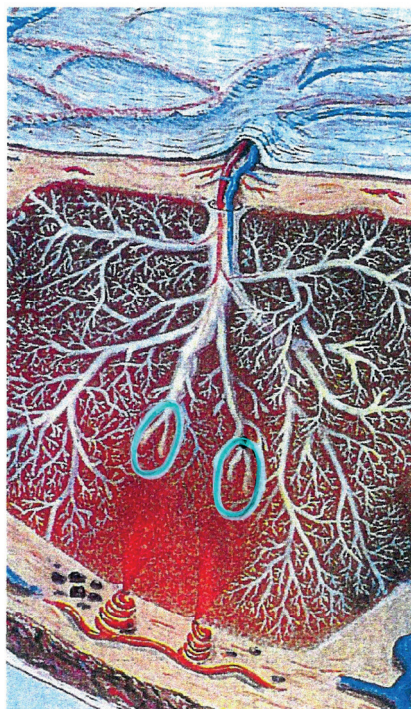
Zistenie: 1 - Prachová častica voľne prítomná v alveole

2 - Prachová častica sfagocytovaná povrchom alveolu

Zväčšenie 20000 x.

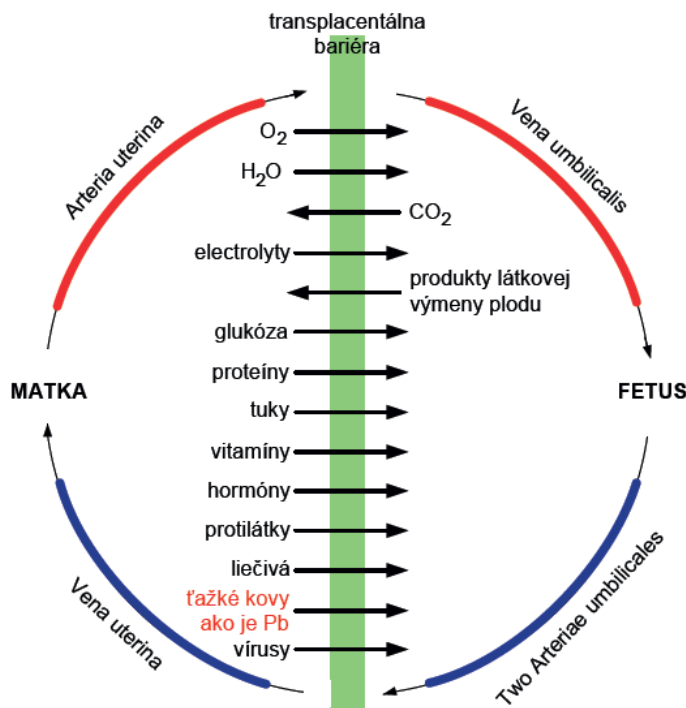
2.3. Placenta a pupočníková krv ako biomarker

Od sledovania vplyvu znečisteného životného prostredia na tracheu a pľúca už bol iba krok k sledovaniu vplyvu znečisteného životného prostredia na placentu vyvíjajúceho sa plodu. Placenta sa považuje za najdôležitejší orgán, ktorý je nevyhnutný pre zdravý vnútromaternicový vývoj jedinca. Tak ako letokruhy stromu hovoria o príbehu života stromu, tak môže placenta odhaliť históriu tehotenstva.



Obrázok 28

klky vetviace sa v placente – krv matky strieka do placenty a táto krv „obmýva“ placentové klky. Zvýraznené dvoma elipsami sú koncové choriové klky,



schematický obraz výmeny metabolitov medzi matkou a plodom

Placenta funguje ako orgán na výmenu metabolitov (obrázok 28), na transport toxických látok a dýchacích plynov medzi krvou matky a krvou plodu (Lafond a kol., 2004; Goyer, 1990; DrogoVIC, 1980). Zabezpečuje tak cestou pupočníka výživu a „dýchanie“ plodu až do konca vnútromaternicového vývoja. Transport látok a komponentov schematicky znázornených na obrázku 28 sa uskutočňuje cez transplacentárnu bariéru, ktorá predstavuje obojstranný selektívny filter, cez ktorý môžu niekedy prechádzať obidvoma smermi aj bielkoviny, aj jednotlivé bunky. Placentárna bariéra tvorí ochrannú hrádzu, ktorá čiastočne chráni plod pred prenikaním škodlivých látok z tela matky. Treba zdôrazniť, že táto ochrana nie je dokonalá a niektoré látky môžu cez ňu prenikať až k plodu a ohrozovať jeho vývoj. Cez placentu môžu prenikať niektoré lieky, alkohol, nikotín, drogy a najmä anorganické častice ako olovo, kadmium a iné ťažké kovy (Foltinová, 2003).

Ženy pracujúce v priemysle s olovom boli vystavené riziku sterility, spontánnym potratom, alebo narodeniu mŕtveho plodu. Veľa spontánnych dôkazov o permeabilite ľudskej placente pre olovo sa začalo publikovať v roku 1930 kedy boli vypracované chemické analytické techniky na detekciu olova v krvi a ďalších tkanivách. Z množstva prác upozorníme na hladiny olova pre dospelých a pre deti poznamenajme štúdiu K.C. Staudingera z roku 1998. Okrem existencie vedeckých prác, zdôraznime aj prebiehajúci proces legislatívneho sprísňovania v definovaní maximálnych akceptovateľných limitov jednotlivých škodlivých látok.

Hľadanie súvislostí medzi prítomnosťou Olova a ADHD

Toxicita ťažkých kovov je dávno známa a najmä olovo sa hlboko zapísalo do ľudských dejín. Olovo sa síce nachádza v zemskej kôre v pomerne malom množstve, stále je však na štvrtom mieste v ťažbe nečistých kovov na svete. Prvé písomné zmienky o olove pochádzajú z čias starého Egypta. Niektorí vedci si myslia, že príčinou pádu kedysi mocného rímskeho impéria bola otrava olovom. Rimania používali riad obrúbený olovom, olovené kozmetické farby a pili vodu z vodovodu, ktorého rúry boli z olova. Všetky vo vode rozpustné zlúčeniny olova sú jedovaté. Keďže voda, ktorou bol zásobený starý Rím, obsahovala veľké množstvo oxidu uhličitého, ktorý reaguje s olovom za vzniku vo vode rozpustného uhličitanu olovnatého, dožívali sa Rimania nízkeho veku. V pozostatkoch kostier starých Rimanov sa zistilo veľké množstvo olova. Na vzduchu olovo oxiduje, vdychujú sa obyčajne jeho oxidy. Do organizmu sa dostáva inhaláciou a výnimočne aj resorpciou cez porušenú kožu.

Ak sme v predchádzajúcej kapitole 2. 1. položili otázku, či možno tracheu považovať za marker znečistenia životného prostredia, natíska sa otázka, či možno placentu považovať za marker znečistenia životného prostredia olovom. Zaujímalo nás hlavne transport látok cez placentu, pretože rôzne látky sú transportované cez placentu k plodu viacerými mechanizmami. Malé molekuly sú transportované jednoduchou difúziou, veľké molekuly aktívnym transportom a makromolekuly pinocytózou. Samotná placenta selektívne transportuje látky, ktoré sú pre plod potrebné od látok, ktoré sú pre plod toxické (Goyer, 1990; Baglan a kol. 1997).

Zaujímalo nás, do akej miery je táto selekcia účinná a aký je mechanizmus transportu olova. Naš záujem o odpovede na tieto otázky podnietila aj skutočnosť, že v posledných desaťročiach narastal na celom svete počet detí trpiacich s ADHD syndrómom (poznámka: ADHD = hyperkinetický syndróm – Attention Deficit Hyperactivity Disorder). Príznaky tejto choroby u detí si po prvý raz všimli lekári na začiatku 20. storočia. U detí trpiacich ADHD syndrómom sa objavujú prejavy hyperaktivity, porucha pozornosti, porucha učenia a rôzne poruchy správania. Tieto prejavy nebolo možné vysvetliť zanedbanou výchovou, a teda vplyvom prostredia. Podozrenie za vznik takéhoto syndrómu padlo na olovo a preto sa pozornosť upriamila na hľadanie olova v placente. V literatúre sa objavili informácie, že olovo je v placente lokalizované v syncytiotrofoblaste (Reichrtová, 1998). Nezodpovedané však zostávali otázky o tom, aká je presná identifikácia mikroskopickéj štruktúry a aký je charakter fagocytózy. Pre náš výskumný tím to bola výzva na hľadanie odpovedí na tieto otázky, pretože práve tie by mohli pomôcť pri odhaľovaní cesty, ktorou olovo preniká cez placentu do plodu.

Pripomienka sledovaných mechanizmov

Ako fétus rastie, umbilikálny tlak sa tiež zvyšuje, placenta zraje, zvyšuje sa množstvo vetviacich sa klkov, priemer klkov sa znižuje zo 170 μm v skorej gestácii na 40 μm v čase termínu, časť fetálnych krvných ciev sa stáva viac excentrických, vrstva syncytiotrofoblastu zhrubne, čím sa vzdialenosť medzi materskými a fetálnymi krvnými cievami zmenší.

Najväčšie množstvo meraní olova vo fetálnych tkanivách v rôznych obdobiach gestácie bolo opísaných v jedinej štúdií Barltopa (Barltop, 1969). Dôležitou otázkou je, ako skoro v gestácii transport olova nastáva. V Barltopových štúdiách transport olova začína okolo 13 týždňa gestácie. Jeho štúdia ukázala, že olovo obsiahnuté v mozgu a v ďalších tkanivách rastie so zvyšujúcou sa veľkosťou orgánu (Barltop, 1969). Je to pravdepodobne preto, že materské krvné olovo je relatívne konštantné. Potkan patrí medzi najlepšie študovaný zvierací model. Hladina olova v nervovej sústave potkana intoxikovaného v prvých ôsmich mesiacoch života 0,2% acetátom olova, ktorý bol podávaný v pitnej vode, ukázali, že hladiny olova boli najvyššie v hypokampe a v cerebrálnom neocortexe (Lafauconnier a kol., 1983). Fetálny mozog má väčšiu senzitivitu k toxicite olova ako zrelý mozog.

Potkania encefalopatia sa vyvíja počas prvých dní života a rezistencia olova vyvolávajúca neurotoxicitu nastáva po 18-20 dňoch života (Krigman a kol., 1977).

Egle et Shelton (1986) identifikovali najhojnejšie množstvo proteínových komponentov v centrálnom nervovom systéme, cerebrálnom cortexe. Experimentálne štúdie ukázali, že nezrelé endotelialne bunky formujúce kapiláry vyvíjajúceho sa mozgu sú málo rezistentné na účinky olova ako kapiláry zrelého mozgu, predovšetkým do asterocytov a neurónov (Toews et al, 1978).

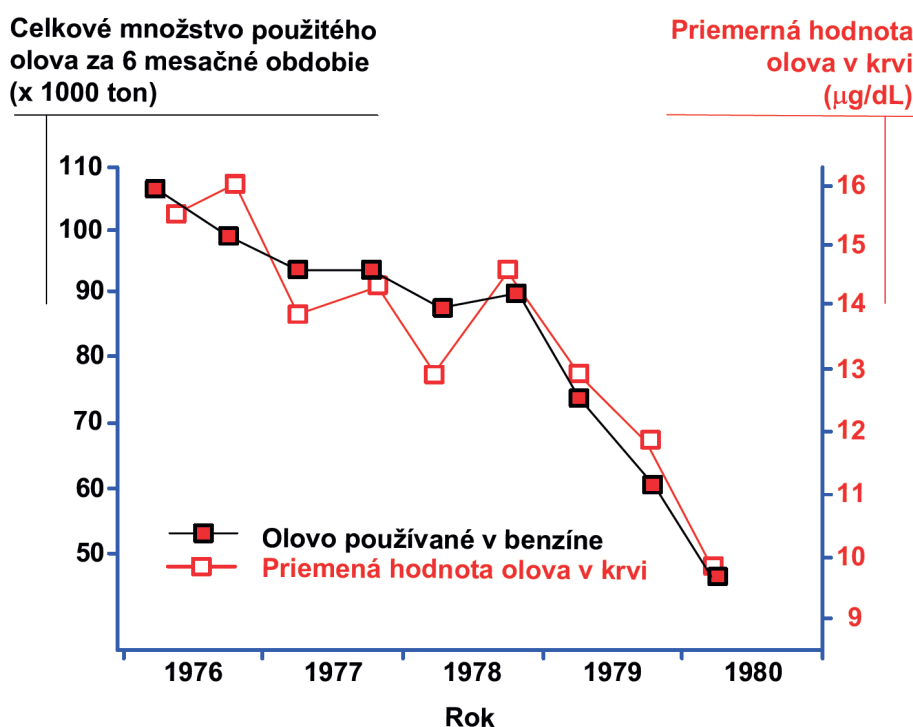
Olovo je lipoflický kov, má afinitu k tukovému tkanivu. Myelín je lipoprotein a je súčasťou striata. Tam je depozit olova.

ADHD a životné prostredie

Z troch autormi najčastejšie citovaných faktorov iniciujúcich vznik a recidívu ADHD (t.j. dedičnosť, neurobiologická porucha, vplyv životného prostredia) tu uvedieme pre náš výskum dôležitosť iba vplyvu životného prostredia (vrátane štýlu života ovplyvňujúceho charakter životného prostredia).

Okrem prezentácie našich výsledkov – kde hľadáme súvis a dávame do súvisu prítomnosť olova s diagnózou ADHD (naše prvé príspevky sú od roku 2000 a full length práce od roku 2006), pre vytvorenie plastického obrazu zistení uvedme tieto skutočnosti – nazvime ich dobrá a zlá správa – obe správy si popíšeme/predstavíme a publikované dáta znázorníme v prislúchajúcich grafoch:

- **Dobrá správa:** JL Annest z roku 1983 prezentoval výsledky dlhodobého sledovania časového priebehu pokles hladiny olova v krvi, kopírujúci pokles obsahu olova v benzíne. Poznamenajme, že vďaka dobrým spaľovacím účinkom palivovej zmesi sa od roku 1922 do benzínu pridával „tethraethyl lead“ v množstve cca 4 g na galón (t.j. 4 g na 3,7 l). Až následné „prišiel“ na trh bezolovnatý benzín – čo viedlo ako znázorňuje grafická (obrázok 29) závislosť aj k zníženiu hodnôt:
 - množstva použitého olova,
 - priemernej hodnoty olova v krvi.



Obrázok 29 – vzájomná súvislosť dvoch časových priebehov.

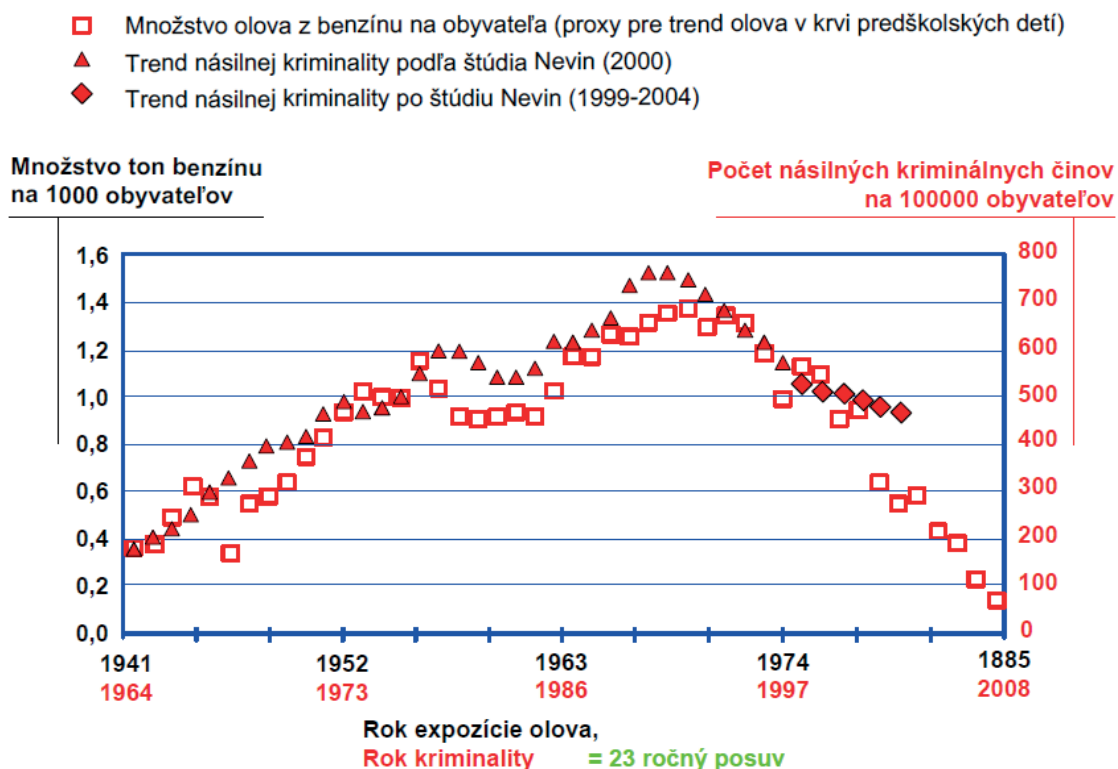
- celkové množstvo použitého olova (x 1000 ton)
- priemerná hodnota olova v krvi (µg/dL)

Zdroj: JL Annest a kol, *N Engl J. Med* (1983), 308, 1373-1377

- **Zlá správa:** R. Nevin v roku 2007 vo svojej štúdií zistil časovú súvislosť dvoch javov, ktorými sú:
 1. množstvo predaného olovnatého benzínu (za obdobie od 1941 do 1985),
 2. priebeh kriminality (za obdobie od 1964).

Pri uvážení 23-ročného časového posunu vidno prekrytie priebehu t.j. nárast – maximum – pokles vo výskyte sledovaných ukazovateľov.

Zistenie sme nazvali „zlá správa“, pretože tu zozbierané dáta ukazujú na nadväznosť používania olovnatého benzínu a kriminality (obrázok 30).



Obrázok 30 – vzájomná súvislosť dvoch časových priebehov, posunutých o 23 rokov:

- roky expozície olova 1941-1985
- roky sledovanej kriminality 1964 - 2008

Zdroj: R. Nevin, *Env.Res.* 104 (2007), 315-336

Pre tu uvedené dve správy: vidíme, že „problém“ nie je vyriešený odstránením jednej komponenty (olovnatého benzínu) z trhu (prvé zistenie – dobrá správa), nakoľko treba riešiť súvislosti v podobe nežiaducich dôsledkov (druhé zistenie – zlá správa). Uvedený časový faktor 23 rokov dáva opodstatnenosť otázkam:

- Čo sa dialo s kriminálnym jedincom pred 23 rokmi?
- V akom životnom prostredí žila pred 23 rokmi matka kriminálneho jedinca?

Pripomeňme aj prácu M.D.Esteban-Vasallo a kol. z roku 2012 poukazujúcu na výrazný nárast publikovaných štúdií s dátami o prítomnosti stopových množstiev ťažkých kovov v placente za obdobie 1976-2011.

Na strane 76 sme spomenuli vedeckú štúdiu K.C. Staudingera z roku 1998 upozorňujúcu na hladiny olova pre dospelých a pre deti. Pre úplnosť - nadväzujúc na už spomenutý procesný aspekt pripomenieme, že dňa 13. 2. 2023 bol v Bruseli predstavený 36-stranový návrh smernice Európskeho parlamentu a Rady 2004/37/ES pre limitné hodnoty olova a jeho anorganických zlúčenín a diisokyanátov. Podľa daného návrhu sa povolené limity olova menia/budú meniť prvýkrát od roku 1982 a majú sa znížiť o cca tri štvrtiny. Zmeny sa dotknú až 150-tisíc pracovníkov, napríklad v produkcii a spracovaní kovu, výrobe batérií, olovených plechov a munície či vo výrobe olovnatého skla a keramiky.

Tu uvedený príklad poukazuje na dôležitosť rôznorodých dát a pohľadov v procese riešenia konkrétnej verejno-zdravotníckej situácie:

1. dáta z vedeckého výskumu poukazujú, že zistená skutočnosť naozaj môže byť problémom.
2. dáta z medicínskej diagnostiky a intervencie poukazujú na existenciu problému a na rozšírenosť už existujúceho problému.
3. dáta z ekonomických dopadov (otázka práceneschopnosti, nákladovosti liečby a pointervenčnej starostlivosti) iniciujú mechanizmus aj legislatívnych krokov (niekedy aj časovo náročných) v snahe minimalizácie príslušných rizík a reťazenia na seba nadväzujúcich rizík.

ADHD a ekonomický dopad diagnózy

Na pamäti máme vždy tieto dve skutočnosti:

- prevencia má prioritu - predvídať riziká a chrániť sa však môžeme iba pred rizikami o ktorých vieme, podobne je tomu aj pri riešení akútnych situácií a katastrof (Foltin V, 2018). Našou prácou predstavujeme Pb, ako riziko pre vznik a recidívu ADHD.
- za každou chorobou je ľudský osud, snaha rodiny a spoločnosti minimalizovať následky ochorenia a integrovať pacienta do spoločnosti.

Pre úplnosť z množstva publikovaných výsledkov sledujúcich ekonomickú a sociálno-ekonomickú náročnosť ADHD poznamenajme výsledky z rokov 2003, 2012 a 2021:

- na skoro dvojnásobné priemerné náklady na člena rodiny s ADHD, v porovnaní s rodinou bez člena s ADHD (Swensen a kol., 2003, často citovaná práca)
- pre včlenenie do spoločnosti, uplatnenie sa v praxi/na pracovnom trhu a minimalizáciu vylúčenia pacientov s ADHD je treba vynaložiť značné náklady súvisiace so vzdelávaním detí a nadobúdaním zručností pracovníkov s ADHD (Doshi J.A. a kol., 2012)
- V USA boli priemerné národné náklady na ADHD: 67,23 miliardy USD/rok (Chhibber A. a kol., 2021).

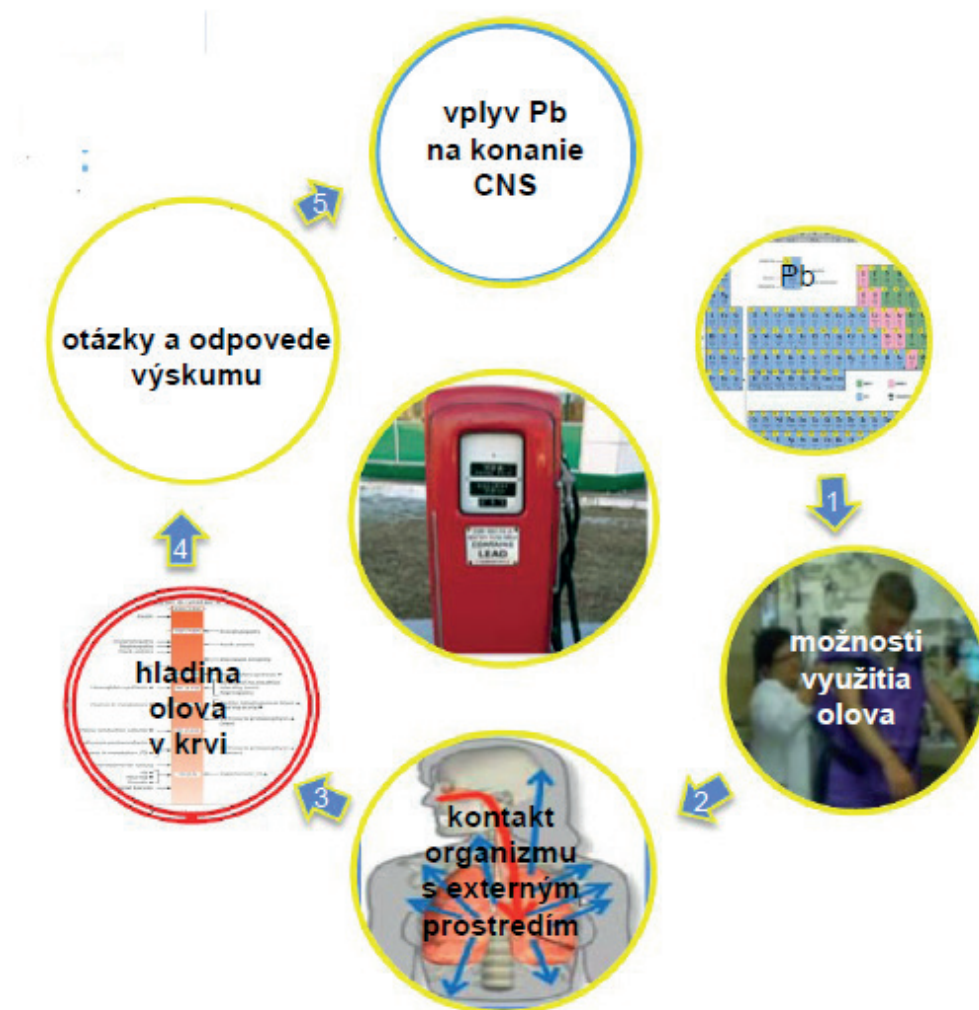
Ekonomické následky ADHD ovplyvňujú aj množstvo iných odvetví ako zdravotníctvo – napríklad, odbor vzdelávania detí a dospelých – vedú tiež k zníženiu produktivity a príjmu zamestnancov v iných odvetviach. Napríklad, systematický výskum troch štúdií z USA medzi rokmi 1997 a 2008 (Doshi J.A. a kol. 2012) vyčíslil prírastkové náklady na vzdelávanie detí s ADHD na USD 12447 ročne na študenta v predškolskej výchove (s vekom 3-4 roky) a USD 2222 – USD 4690 v školskej výchove (s vekom 5-18 rokov). Tieto náklady zahŕňali špecializovanú výučbu a terapiu, náklady na zopakovanie toho istého ročníka, a náklady na riešenie disciplinárnych incidentov.

Výsledky iných šiestich štúdií z USA medzi rokmi 1998 a 2006, tiež zosumarizovaných v (Doshi J.A. a kol. 2012), poukazujú na straty pre zamestnávateľov z dôvodu zníženej produktivity pracovníkov s históriou ADHD medzi USD 209 a USD 6699 na pracovníka ročne (kde vek pracovníkov v týchto štúdiách bol 18-64 rokov). Tieto straty boli z dôvodu častých pracovných absencií, slabšej pracovnej výkonnosti, a platenia výdavkov zdravotného postihnutia (invalidné príspevky alebo príspevky po pracovnej nehode).

Výskum ďalších dvoch štúdií zosumarizovaných v (Doshi J.A. a kol. 2012), naznačuje že hoci dospelí s históriou ADHD sú zamestnaní v priemere už v nižšom veku pretože ich menšie percento sa zapíše na vysokoškolské štúdium, priemerný ročný príjem pracovníkov s históriou ADHD v rozpätí vekov 18-64 rokov je o sumu USD 10532 – USD 12189 nižší než u pracovníkov ktorí nemali ADHD diagnózu. Tieto straty príjmu boli z dôvodu vyššej nezamestnanosti a nižšieho platu. Hoci sa rôzne štúdie líšia vo vyčíslení nákladov a strát príjmu ľudí s históriou ADHD, tieto analýzy naznačujú že ADHD môže mať výrazný individuálny a spoločenský dopad na vzdelávacie náklady, náklady spojené s nižšou produktivitou, a na príjem ľudí. Pritom znížený príjem a nezamestnanosť vedie k ďalším nákladom z dôvodu potreby sociálneho zabezpečenia a podpory, ktoré v týchto štúdiách neboli vyčíslené.

2.3.1 Kroky k poznaniu v ilustračnom obraze

Motiváciu k včleneniu olova do štúdia externých faktorov, ktoré majú vplyv na ľudský organizmus možno zhrnúť do tu prezentovanej schémy (obrázok 31). Schému začíname údajom, že s olovom sa možno stretnúť v atómovej alebo molekulárnej forme. Používalo sa, mimo v úvode práce spomenutých vodovodných potrubíach, olovených farbách, keramiky, benzínu aj ako súčasť pri konštrukcii akumulátorov – tie po použití sa stávajú odpadom s ktorým sa nie vždy zaobchádzalo zodpovedne. Vďaka jeho dobrým fyzikálnym vlastnostiam sa olovo používa na tienenie žiarenia. Po primárnom kontakte organizmu s olovom, možno definovať pre jedinca (dieťa, alebo dospelého) prípustné a s časom sa sprísňujúce hodnoty hladiny olova v krvi.



Obrázok 31 – Motivácia nášho výsumu v schematickom obraze

Horeuvedené:

1. **schéma** – postupnosti krokov, kde na závere v nej uvedeného cyklu je „vplyv Pb na funkciu CNS a na konanie jedinca“. Poznamenajme, že na konanie jedinca majú vplyv aj neurotoxíny - ktorým je pre organizmus olovo – lipofilický kov. Tento kov má afinitu k tukovému tkanivu. Myelín je lipoprotein a je súčasťou neurónov v striate mozgu. Tam je depozit olova v organizme, ktorý žije v životnom prostredí znečistenom týmto toxickým kovom.
2. **dobrá a zlá správa** nás motivujú k hľadaniu vhodného tkaniva – biomarkera na neinvazívnu detekciu možnej prítomnosti olova v ľudskom organizme – s možnosťou jej skorého „zachytenia“. Výsledky prezentovaných prác poukážu na možnosti transportu olova z matky do plodu.

„O, klukatosti“ cesty ako správne interpretovať a využiť všetky získané/dostupné dáta z rôznych (na prvý pohľad aj vzdialených) odborov poukazuje aj príbeh – interpretujúci s už použitím „širokouhlej optiky“ už uvedený Nevinov graf (nami pomenovanú zlú správu). Príbeh v sebe skrýva tri typy údajov:

1. Nečakaná/neprognózovaná zmena kriminality v USA v období 90-tich rokov minulého storočia: išlo o pokles kriminality a navyše o pokles zachytávajúci všetky komunity (nezávislý na kultúrnom pozadí komunit, nezávislý na konkrétnom meste a stratégii mesta v boji s kriminalitou) čiže cele USA aj Kanadu a Európu. Nastali otázky – ako pokles vysvetliť? – prečo sa nedal pokles odhadnúť?
2. Objav olovo obsahujúcej prísady – tetraethyl lead: v roku 1920 uviedol General Motors objav Thomasa Midgleyho – cieľom použitia aditív sa zlepšili spaľovacie vlastnosti benzínových motorov. Prísada obsahuje olovo – ide o molekulárnu komponentu obsahujúcu olovo, komponent pomáha motoru v jeho funkčnosti, avšak nežiadúcim výsledkom v motoroch používaného spaľovania je emisia výfukových plynov obsahujúcich spektrum rôznych zdraviu škodlivých komponentov. Olovnatý benzín sa používal v období od 1920 do 1995, pričom od roku 1975 pozvoľna sa prestal používať, na trh sa dostal bezolovnatý benzín.
3. Vedľajší technický efekt používania katalyzátorov výfukových plynov – dôvodom zavedenia katalyzátorov bola všeobecne definovaná ochrana životného prostredia a ochrana pred smogom, nie však priamo vzťah k používaniu olova. Nakoľko však katalyzátory z olovnatým benzínom „nefungovali“ a našla sa alternatíva v riešení technických problémov pre ktoré boli zavedené v 20-tich rokoch, pozvoľna od 1975 sa prestal olovnatý benzín používať.

Už raz sme spomenuli, že pri skúmaní vplyvu externých faktorov sú dôležité fyzikálne parametre čas, vzdialenosť, tienenie. Ak sledujeme dobu expozície – vieme a aj v 90-tich rokoch bolo známe že expozícia veľkých množstiev toxických látok je zdraviu škodlivá – známe bolo aj to, že olovo je neurotoxická látka (negatívne vplyvajúca najmä na vývoj detí, ich rozhodovacej schopnosti, ich pozornosti).

Ak uvedené skutočnosti spojíme – ako to urobil Nevin do jedného grafu a budeme hľadať medzi nimi súvislosti dostaneme celý príbeh.

Pre verejné zdravotníctvo je dôležitá v príbehu uvedená časová nadväznosť javov – vstupných dát (aj pre hodnotenie a sledovanie zdravotných rizík a prognóz) z rôznych vedných disciplín.

Spomenutá časová nadväznosť dáva odpoveď na pre kriminalistov nevysvetliteľný pokles trestných činov. Ak sa v 75 roku pozvoľna prestal používať olovnatý benzín, od toho obdobia vyvíjajúce sa deti neboli olovom poškodzované a vo veku ich dospelosti nemali kriminálne sklony. Táto „superrýchla interpretácia“ má v sebe dva nedostatky, ktoré sme iba naznačili:

- s olovom sa stretávajú nielen pri olovnom benzíne – pre vývoj detí je najnebezpečnejší prach z olova (1. príklad smetiská kde môžu byť aj akumulátorové batérie, chytanie smetí a následné oblyzovanie si prstov detí; 2. príklad trenie pri oknách najmä v starých budovách, ktorých infraštruktúra obsahovala „olovené prísady“)
- je všeobecne akceptované tvrdenie, že vysoká dávka olova je zdraviu škodlivá, pri interpretácii množstva olova treba sledovať či ide o dospelého jedinca alebo o oveľa citlivejšie dieťa. Poznamenajme, že aj keď sa číselné limity „prípustného obsahu“ olova (vyjadrené v mikrogramoch μg na deciliter dL) znižujú na zamyslenie je fakt že skok v poklese IQ je väčší ak idem od hodnôt 0 $\mu\text{g}/\text{dL}$ po 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$ než pokles IQ ak idem od vyššej hodnoty 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$ po 20 $\mu\text{g}/\text{dL}$. Zjednodušene možno preto uviesť, že mimo číselnej hodnoty nula – neexistuje „dobrá“ hodnota prítomnosti olova v krvi (Staudinger et al 1998, Wold 2014).

Akonáhle sme uviedli pojem prítomnosti olova v krvi – prichádza na „scénu“ naša už spomenutá motivácia a hľadanie odpovede na otázku: „Či vôbec môže a ak áno, tak ako môže dobrá mama, alebo dobrá prvorodička ochrániť svoje dieťa pred olovom?“

Daná otázka preddefinováva úzky súvis výsledkov medzi v práci prezentovanými transportmi:

- mucociliary transport – v časti venovanej dýchaciemu systému ako biomerkeru,
- transplacentárny transport – jedinej fyziologickej komunikačnej ceste na prísun prvkov z externého prostredia do organizmu prenatálneho dieťaťa.

Záverom, uveďme, že vieme o členení výskumu vplyvu olova na ľudský organizmus prebiehajúcim v základných líniiach:

Prvá línia – štatistické/ekologické štúdie - využívajúce štatistické údaje. Príkladom bola Nevinova štúdia. Hľadá sa súvis – prekryv rôznych javov.

Druhá línia – longitudiálne štúdie – v čase klinické štúdie presne definovanej skupiny jedincov príslušného veku. Hľadá sa súvis nameraných hodnôt, príklad hladina olova v krvi a propech / správanie. Tu ide o časovo náročné dlhodobé štúdie.

Tretia línia – klinické MRI štúdie (pri využití zobrazovania štruktúr s použitím magnetickej rezonancie) – v čase klinické štúdie presne definovanej skupiny jedincov príslušného veku. Ide o MRI rozšírená longitudiálna štúdia.

V tejto časti monografie sme poukázali na dôležitosť neinvazívneho sledovania tkanív poskytujúcich informáciu o novonarodenom jedincovi.

2.3.2 Vyšetrovacie metódy použité pri identifikovaní sledovaných biomarkerov

Aby sme vyvrátili akékoľvek pochybnosti o histologickom dôkaze olova, pristúpili sme k verifikácii pomocou fyzikálneho vyšetrenia excízií z placenty resp. náterov z pupočníkovej krvi. Ponúka sa viacero fyzikálnych metód, z ktorých sme zvolili dve: vyšetrovanie pomocou metódy infračervenej spektroskopie a vyšetrovanie pomocou metódy energetickej disperzie röntgenového žiarenia vznikajúceho v rastrovacom elektrónovom mikroskope (tzv. EDS metódy). Poznamenajme že v technickej praxi sa pre vizualizovaný objekt používa pojem vzorka, v medicínskej praxi sa tento pojem nahrádza pojmom excízia, aby sa zdôraznil biologický pôvod skúmaného objektu. Tu, pri predstavovaní daných techník budeme používať pojem vzorka.

V rastrovacom elektrónovom mikroskope je elektrónový lúč rozmietať po povrchu vzorky. Po dopade elektrónov na vzorku sú v nej generované viaceré signály a práve detekcia špecifických signálov umožňuje získať informáciu o prvkovom zložení vzorky (Krištín a Bobák, 2005; Hollas, 2005). Tými tromi signálmi sú: sekundárne elektróny, späťne odrazené elektróny a röntgenové žiarenie. Sekundárne elektróny sú emitované atómami z povrchu vzorky a poskytujú interpretovateľný obraz o povrchu vzorky. Zobrazovanie topografických črt povrchu pomocou sekundárnych elektrónov poskytuje zväčšenie až do 100000x a priestorovú rozlíšiteľnosť až do 50 Å. Vysoká rozlišovacia schopnosť je dôsledkom toho, že priemer primárneho elektrónového lúča je malý. Späťne odrazené elektróny predstavujú vlastne primárny zväzok elektrónov, ktoré sa „odrazili“ od atómov vo vzorke. Pretože tieto elektróny sú emitované z hĺbky vzorky, rozlišovacia schopnosť obrazu bude horšia, ako v prípade sekundárnych elektrónov.

Röntgenové žiarenie pochádza z interakcie dopadajúcich elektrónov, ktoré vyžarujú elektróny z vnútorných orbitálov atómov vzorky. Keď vonkajší elektrón zakotví na prázdnom mieste po vyrazenom elektróne, vyžiarí prebytočnú energiu v podobe fotónov z röntgenovej oblasti. Pretože každý prvok má svoj vlastný súbor energetických hladín, budú emitované fotóny charakterizovať prvok, z ktorého pochádzajú. Potom stačí určiť energiu röntgenovských fotónov a ich množstvo na určenie prvku a jeho početnosti vo vzorke.

Signál pre vyhodnotenie sa sníma pomocou tzv. elektrónovej sondy. Vďaka jej malým rozmerom je možné uskutočniť prvkovú analýzu tak malých oblastí ako 1 µm v priemere. To umožňuje určovanie prítomnosti nečistôt či inklúzií alebo stanoviť kvalitatívnu či kvantitatívnu prvkovú analýzu. Pri paralelnom použití histologického a EDS vyšetrovania to umožňuje stanoviť, v ktorej časti orgánu sa skúmaný prvok nachádza. Použitie EDS má však určité ohraničenia. Len ťažko sa detekujú prvky nachádzajúce sa pred Na v periodickej tabuľke prvkov a prvky nachádzajúce sa v tejto tabuľke pred C sa touto metódou detekovať nedajú. Nám to však pri vyšetrovaní neprekáža, pretože sa zaujímate o ťažké prvky. Istou „slabinou“ tejto metódy je skutočnosť, že je viazaná na rastrovaciu elektrónovú mikroskopiu (často sa táto metóda označuje SEM/EDS).

Pretože len niektoré vyšetrovania robíme prostredníctvom rastrovacej elektrónovej mikroskopie, sme nútení použiť aj inú fyzikálnu metódu na verifikáciu našich histologických výsledkov. Preto, aby sme mohli diskutovať o pravdepodobnej ceste, ktorou sa olovo dostalo do organizmu, je užitočné vybrať metódu, ktorá nám určí aj chemické zloženie zlúčeniny, v ktorej sa olovo v organizme nachádza. Jednou z takých metód je metóda infračervenej spektroskopie (Bentley a kol., 1968).

Infračervená spektroskopia sa zaoberá interakciou elektromagnetického žiarenia z infračervenej oblasti s molekulou, alebo určitou časťou molekuly. Charakteristickou vlastnosťou molekúl je absorbovať elektromagnetické žiarenie, v dôsledku čoho sa mení elektrónová, vibračná a rotačná energia molekuly. Je to spôsobené zmenou stavu elektrónového obalu, vibračnými pohybmi atómov v molekule a rotáciou celej molekuly. Zmenám elektrónových stavov prislúcha najväčšia energia a preto elektrónové prechody pozorujeme v ultrafialovej a viditeľnej oblasti. Menšia energia zodpovedá zmenám vibračných stavov a vibrácie pozorujeme v infračervenej oblasti, zatiaľ čo najmenšia energia je potrebná pre zmenu rotácie molekuly a preto rotačné prechody pozorujeme v ďalekej infračervenej oblasti, prípadne v mikrovlnnej oblasti. Ak sa zmení vibračný a rotačný stav molekuly, vzniká vibračno-rotačné spektrum. Prechody medzi rotačnými hladinami sa v spektrách plyných molekúl prejavujú, ako jemná štruktúra vibračných pásov. V prípade kvapalín a tuhých látok sa rotačné čiary

v dôsledku rôznych molekulových interakcií rozširujú a zvyčajne ich nie je možné pozorovať. Sledovanie rotačných prechodov v infračervenej oblasti má teda praktický význam iba pri spektrách plynov, čo však nie je náš prípad.

Vibračné energie molekúl možno vypočítať riešením Schrödingerovej rovnice pre lineárny harmonický oscilátor. Jeho energia je kvantovaná, môže sa meniť len o určité diskkrétne hodnoty. Vibračné hladiny sú v tomto prípade od seba rovnako vzdialené. Pri interakcii elektromagnetického žiarenia a kmitajúcich atómov v molekule dochádza k absorpcii len vtedy, keď energia dopadajúceho žiarenia odpovedá energii potrebnej na prechod molekuly z nižšieho do vyššieho vibračného stavu. Pritom pod vplyvom elektromagnetického poľa môže dochádzať iba k prechodom medzi susednými hladinami. Skutočné molekuly však nespĺňajú podmienky kladené na harmonický oscilátor. Potenciálna energia harmonického oscilátora môže totiž neobmedzene rásť s výchylkou z rovnovážnej polohy – čo v prípade reálnych molekúl neplatí. Túto závalu odstraňuje model anharmonického oscilátora. V prípade takého oscilátora sa so zvyšovaním hodnoty vibračného kvantového čísla znižuje vzdialenosť energetických hladín – nie sú ekvidistantné. Podľa výberových pravidiel sú pri anharmonickom oscilátore povolené prechody nielen do susedného stavu, ale aj do stavov vzdialenejších. Také prechody sa na spektre prejavujú vyššími harmonickými vibráciami – tzv. overtónmi. Absorpčné pásy prislúchajúce overtónom však majú nižšiu intenzitu ako základné vibrácie, lebo pravdepodobnosť týchto prechodov je oveľa menšia.

Pri prechode žiarenia látkou sa absorbuje iba tá časť žiarenia, ktorého energia je rovnaká ako energia vibrácií atómov molekuly. Zvyšná časť žiarenia látkou prechádza a dopadá na detektor, ktorý analyzuje chýbajúce zložky žiarenia. Tak vzniká spektrum, čiže grafický záznam obsahujúci súbor absorpčných pásov, ktoré odpovedajú absorbovanej energii charakteristickej pre jednotlivé vibračné prechody. Počet a poloha pásov sa používajú na kvalitatívnu analýzu. Výška, alebo plocha absorpčného pásu zodpovedá množstvu absorbujúcich skupín. Môžu sa preto v niektorých prípadoch využiť na kvantitatívnu analýzu.

Prvé komerčné infračervené spektrometre (IR spektrometre) sa začali vyrábať v 40. rokoch minulého storočia. Boli to disperzné prístroje, ktoré na monochromatizáciu polychromatického žiarenia z infračervenej oblasti využívali hranol alebo neskôr odrazové mriežky. V týchto prístrojoch sa infračervené žiarenie vychádzajúce zo zdroja rozdelilo na dva lúče. Jeden prechádzal cez meranú vzorku a druhý prechádzal prázdny kvetovým priestorom. Po prechode monochromátorom dopadali obidva lúče striedavo na detektor. Detektor vyhodnotil rozdiel signálov a získal tak absorpčné spektrum látky. S rozvojom výpočtovej techniky v 80. rokoch minulého storočia dochádza k praktickému rozšíreniu infračervených spektrometrov s Fourierovou transformáciou (FTIR spektrometrov). Tieto prístroje pracujú na princípe interferencie spektra – namiesto mriežky majú interferometer. Na rozdiel od disperzných prístrojov, v ktorých „vyberá“ určitú frekvenciu monochromátor, merajú FTIR spektrometre interferogram modulovaného zväzku žiarenia po prechode vzorkou. Klasický spektrálny záznam sa potom získa tak, že sa prevedie Fourierova transformácia získaných údajov. Túto zložitú matematickú operáciu uskutočňuje rýchly počítač, ktorý je súčasťou prístroja.

FTIR spektrometre vykazujú oproti štandardným infračerveným spektrometrom rad výhod. Predovšetkým, všetky frekvencie spektra sú zaznamenávané počas celého merania. Preto je možné získať výsledky v omnoho kratšom čase ako v prípade štandardných disperzných infračervených spektrometrov. Ďalej, pri meraní dopadá na detektor vždy celý zväzok žiarenia a preto takéto usporiadanie umožňuje aj realizáciu experimentov, pri ktorých dochádza k veľkým energetickým stratám. Tieto spektrometre preto umožňujú aj meranie silne absorbujúcich vzoriek.

Infračervené spektrá možno použiť aj na identifikáciu látok. Identifikácia sa uskutoční tak, že sa porovnáva spektrum neznámej látky so spektrami známych látok uvedených v databázach či mapách, alebo atlasoch známych infračervených spektier. Keďže neexistujú dve rôzne látky, ktoré by mali zhodné spektrá, nazýva sa tento postup aj „metódou odtlačkov prstov“. V našich prácach, bola použitá práve táto metóda, keďže existovali relevantné údaje v databázach spektier.

2.3.3 Dosiahnuté výsledky

Keď už poznáme vyšetrovacie metódy používané pri skúmaní placenty a pupočníkovej krvi, vráťme sa k otázke: „Aká je presná identifikácia mikroskopickéj štruktúry, v ktorej je olovo lokalizované a aký je charakter fagocytózy?“ Odpoveď na túto otázku poskytuje článok: **J. Foltinová, V. Foltin, M. Šimera, M. Morvová, E. Neu: „Lead in placenta – hazardous prognosis for postnatal development of the child“**. Pre odpoveď bolo potrebné vyvinúť dokonalejšiu metódu na určenie lokality olova. Tou dokonalejšou metódou bola metóda podľa Foltinovej, ktorá predstavovala vylepšenie Malloryho a Parkerovej metódy na dôkaz olova softvérovým programom Imago Pro Plus 45 Media Cybernetics Inc. Táto metodika pomohla zistiť aj malé množstvá olova a miesta výskytu olova v syncytiotrofoblaste. Tieto miesta sú v povrchovej časti syncytiotrofoblastu susediacej s tokom matkinej krvi, pričom tieto miesta koincidujú s miestami výskytu kalcia a aj charakter fagocytózy je rovnaký, čo poukazuje na to, že kalcium je nosičom olova. Prítomnosť olova v placente je teda dôsledkom jeho uvoľňovania z kostí spolu s kalcium. Toto uvoľňovanie súvisí s tým, že v dôsledku tehotenstva dochádza k narušeniu hormonálnej stability budúcej matky. V tejto práci je už aj upozornenie na možný vznik ADHD syndrómu spôsobeného prítomnosťou olova v placente a aj návrh opatrenia, ktoré by v takom prípade slúžilo na prevenciu voči ADHD.

Novo vyvinutá metóda vyšetrovania prítomnosti olova opísaná a použitá v prv diskutovanej práci sa ukázala byť dostatočne účinná na získanie ďalších poznatkov o placente. Tieto poznatky sú súčasťou článku: **J. Foltinová, V. Foltin, M. Morvová, E. Neu, M. Šimera: „Placenta and umbilical cord blood deserve attention“**. Podarilo sa nám ukázať uvoľnenie olova z matkinho erytrocytu v placente a jeho prijatie erytrocytom plodu v cieve placentárneho kľku. Takýto spôsob vizualizácie môže byť využitý pre rýchle diagnostikovanie. Na sledovanie jemných detailov transplacentárnej bariéry sme použili metódu rastrovacieho elektrónového mikroskopu využívajúc tak jeho vysokú rozlišovaciu schopnosť. Táto bariéra podlieha počas vývoja plodu zmenám. Vrstva syncytiotrofoblastu sa stáva hrubšou, časť ciev plodovej krvi sa stáva viac excentrická, dôsledkom čoho je zmenšovanie vzdialenosti medzi cievami matkinej a plodovej krvi. To ovplyvňuje transport olova do plodu. V tomto článku je položený dôraz na možný vplyv olova na nezrelé endotelové bunky tvoriace kapiláry vyvíjajúceho sa mozgu, ktoré sú voči olovu menej rezistentné ako kapiláry vyvinutého mozgu. Prepúšťajú totiž katióny olova do štruktúry astracytov a neurónov.

Tu spomenuté naše dva články už pripravili pôdu pre preventívny zásah proti rozvoju ADHD. Dosiahla sa už taká úroveň poznania, keď je možné zvážiť okolnosti, ktoré by mohli ohroziť úspech takého zásahu. Tomu je venovaná práca **V. Foltin, J. Foltinová, E. Neu, M. Morvová, I. Lettrichová: „Placenta – organ important for fetus and interesting for the rise of the ADHD syndrome – interdisciplinary study“** uverejnená v roku 2011 vo februárovom čísle časopisu Neuroendocrinology Letters. Za závažnú skutočnosť treba považovať to, že zistená negativita na olovo v excíziách z placenty nemusí nevyhnutne znamenať negativitu na olovo v plode. Aby nevznikol problém tohto druhu, treba zabezpečiť správny výber miest excízií, aby sa vylúčila existencia „skrytých miest“ olova. Vážnym dôvodom pre obozretnosť pri posudzovaní negativity na olovo je existencia Hofbauerových buniek v kľku placenty. Tieto bunky pôsobia ako „pasce“, ktoré zachytávajú olovo, takže nie všetko olovo z placenty sa dostáva do pupočníkovej krvi a práve olovo nachádzajúce sa v pupočníkovej krvi ovplyvňuje možnosť vzniku ADHD. Samotné vyšetrenie placenty je pre rozhodovanie o možnom vzniku ADHD menej dôležité ako vyšetrenie pupočníkovej krvi. Pre spoľahlivé vyhodnotenie výskytu olova v placente a v pupočníkovej krvi bola zvolená metóda rastrovacej elektrónovej mikroskopie s röntgenovou mikroanalýzou. Táto metóda určuje prvkové zloženie vzorky. Pri vyhodnocovaní bola použitá aj metóda infračervenej spektroskopie, ktorá poskytuje údaj o chemickej zlúčenine, v ktorej je vo vzorke olovo prítomné. Poznanie tohto údaje je užitočné na posúdenie, z akého zdroja znečistenia sa olovo mohlo dostať do matkinej krvi.

2.3.4 Návrhy pre aplikáciu v klinickej praxi

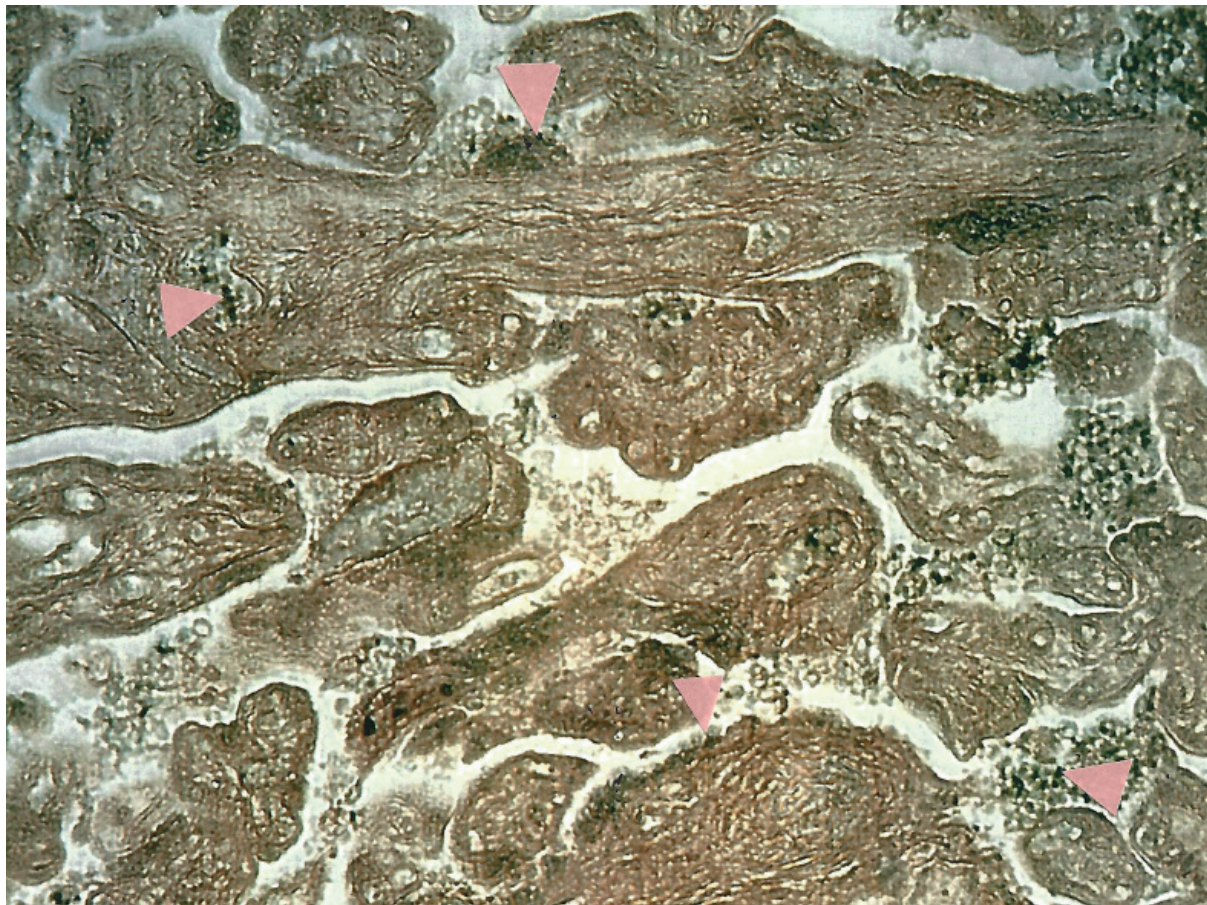
Je známe, že olovo poškodzuje mikroskopickú štruktúru cortex cerebri, buniek, ktoré kontrolujú činnosť celého organizmu, a teda aj vôľových vlastností (W.T.Soong, 1999). Prítomnosť olova v tele je preto jednou z príčin ADHD syndrómu. Prvé symptómy tohto syndrómu zisťujú psychiatri už v prvom roku života dieťaťa. Dôležitou anamnestickou informáciou je, že matka dieťaťa žila počas dlhého obdobia svojho života v oblasti so zvýšeným výskytom olova vo vzduchu, vo vode alebo v pôde. Komplex týchto anamnestických skutočností upozorňuje na to, že treba venovať zvýšenú pozornosť prítomnosti olova už v placente. Terapeuticky neliečené, alebo anamnesticky nepodchytené stavy môžu vo vývoji dieťaťa vyvolať neadekvátne reakcie na impulzy ľudí zo svojho okolia. Ak tieto stavy nie sú liečené, môžu viesť až ku kriminálnemu správaniu sa jedinca. Aby terapeutická intervencia viedla k pozitívnemu výsledku, je potrebné zahájiť liečbu čo najskôr. Najlepším riešením by bolo hneď po pôrode vyšetriť, či placenta, pupočníková krv a matkina krv nevykazujú pozitivitu na olovo. V zázname novorodenca by mala matka dostať hneď po pôrode okrem informácie o krvnej skupine aj informáciu o prítomnosti či neprítomnosti olova v placente. V prípade nálezu olova v placente by mohla byť terapeutická intervencia zahájená čo najskôr, čím by sa zlepšil nielen život postihnutého dieťaťa, ale aj životy ľudí z jeho okolia.

Dôležitou súčasťou pre medicínsku a spoločenskú prax by malo byť vytvorenie centier, ktoré by evidovali pacienta s ADHD. Ich počet je alarmujúci a tu neobstojí falošné zdôvodnenie, že dieťa je iba „živé“. Takéto dieťa sa totiž postupne stáva nezvládnuteľným. V takýchto centrách treba venovať pozornosť pacientom z hľadiska životného prostredia znečisteného olovom, v ktorom žili ich matky a z hľadiska následkov v postnatálnom období. Takéto centrá by mali centrálnu evidenciu detí postihnutých ADHD. Mali by v nich pôsobiť špecialisti: psychológ, lekár a fyzik zodpovedný za použitie metodík pre včasnú diagnózu. Náplňou týchto centier by okrem evidencie bola aj osвета, informovanie verejnosti o existencii ADHD a povzbudzovanie rodičov, aby sa nebáli vyšetrenia svojich detí, lebo účinná liečba na interdisciplinárnej úrovni je možná. Široké spektrum nových metodík je prínosom pre podchytenie tejto diagnózy. Hoci už uplynulo viac rokov od zákazu výroby olovom obohacovaného benzínu, následky olova ešte pretrvávajú v organizme matiek, ktoré žili v takom životnom prostredí. náš návrh je – vzhľadom na nedostatok finančných prostriedkov – vytvoriť na úvod jedno depistačné centrum v Bratislave, ktoré by plnilo spomenuté úlohy celoštátne. Prezident prenatálnej spoločnosti profesor Peter G. Fedor-Freybergh – jedinej v strednej Európe – vyslovil tézu: „V akom prostredí dieťa žije počas uterinného života v tele matky, aké stresy a vplyvy životného prostredia doliehajú na tento krehký, vyvíjajúci sa organizmus, to všetko sa prejaví na postnatálnom vývoji jedinca“.

Pomocou metódy infračervenej spektroskopie sme zistili v pupočníkovej krvi aj zlúčeninu $Pb_3(PO_4)_2$. Takýto nález nebol doteraz v iných prácach spomenutý a nenašli sme ho ani v žiadnej z relevantných databáz. Zasluguje si preto pozornosť výskumníkov. Navrhujeme pozorovanie súboru matiek – dobrovoľníčok počas tehotenstva a dieťa po pôrode so zámerom zistiť rozsah záťaže ťažkých kovov na matku a novorodenca. Bude to ďalší krok k cielej prevencii voči rastúcemu výskytu ADHD vo svete.

2.4. Olovo a depozity

Na obrázku 32 uvádzame náš mikroskopicky obraz prítomnosti kalcia v placente

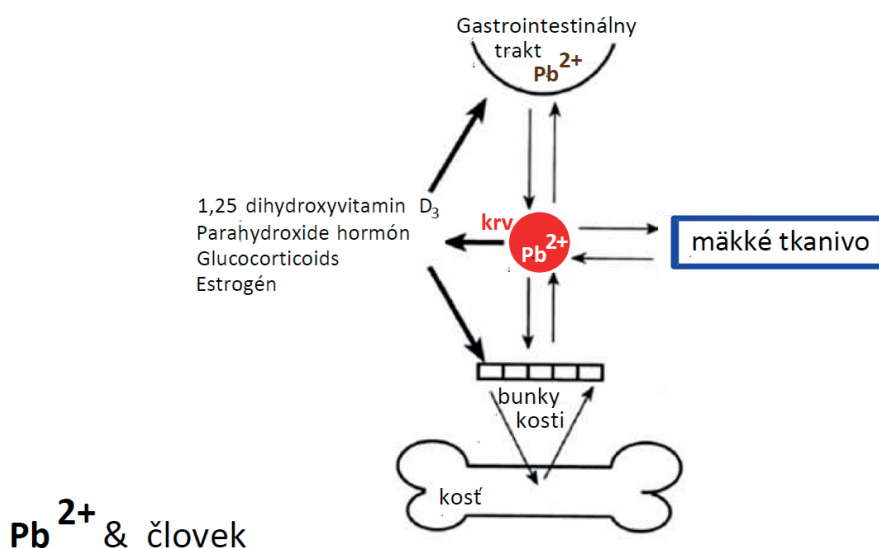


Obrázok 32 – placenta vo svetelnom mikroskope – dôkaz na prítomnosť kalcia podľa Kossa. Pozitívita v syncytiotrofoblaste choriových klkoch (šípka doľava), pozitívita kalcia v matkinej krvi a vo fagocytyujúcom syncytiotrofoblaste (šípka zľava doprava).

Zväčšenie 320x.

Vo vzťahu k olovu sme zatiaľ spomenuli placentu, na obrázku 33 predstavujeme schému poukazujúcu na existenciu depozitov olova v kostiach, čo nám otvára možnosť predstaviť aj zub ako depozit na prítomnosť neurotoxického kovu – olova.

V nadväznosti aj na tabuľku 7 uvedenú na strane 67 tiež pripomeňme úzky súvis medzi dentálnym zdravím a celkovým zdravím jedinca o čom svedčí aj nárast publikácií, vrátane WHO dokumentov. Spomeňme nedávno publikovanú sumarizáciu: „One of major WHO concerns for cancer and cardiovascular mortality is inadequate dental health worldwide“ (J. Dinkel a kol., 2022).



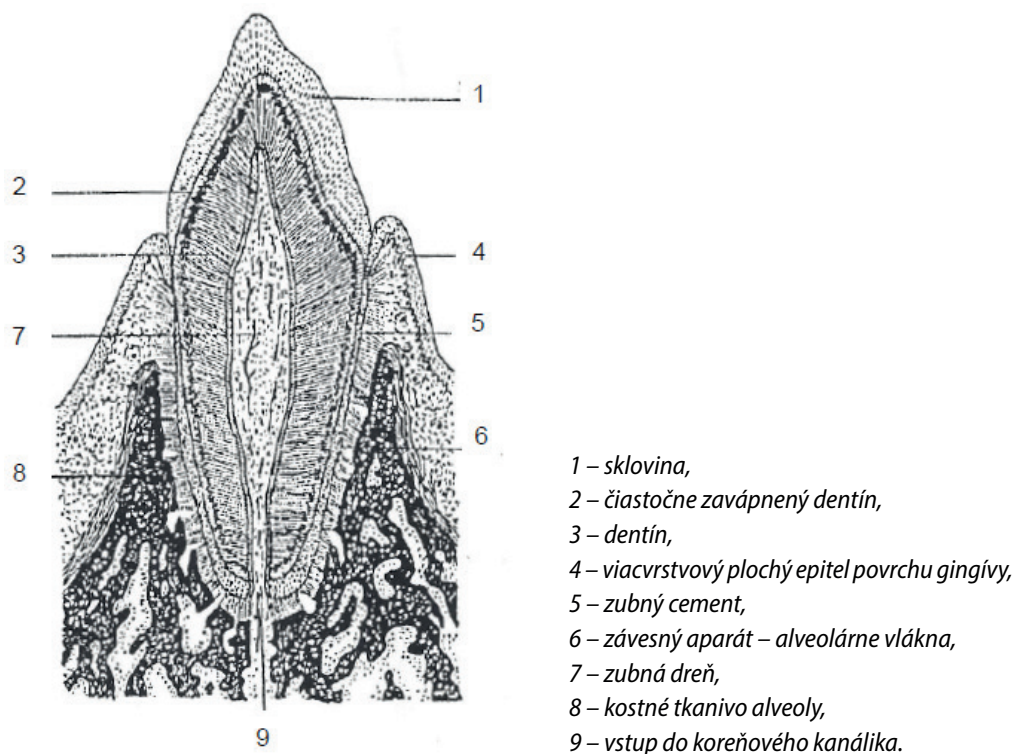
Pb^{2+} & človek

- vápnik ako nosič olova
- prítomnosť vápnika dominuje v kostiach a v zuboch

Obrázok 33 – schematický náčrt pre kosti - depozity olova

Zub a jeho štruktúra

Najprv si predstavíme základné pojmy, ktoré doplníme vizualizáciou z našich pozorovaní.



Obrázok 34 – Schematický obraz pozdĺžneho rezu zuba v zubnom lôžku:

Na zube rozoznávame dentín, sklovinu alebo prizma sú spojené interprizmatickým emailom a zubný cement.

Dentín je hlavnou bezbunkovou substanciou zuba, ktorá obklopuje po celom obvode zubnú pulpu. Na povrchu v oblasti korunky je dentín pokrytý zubnou sklovinou a v oblasti zubného koreňa je pokrytý zubným cementom. Zubná dutina je vyplnená rôsolovitým kolagénovým väzivom, ktoré tvorí zubnú pulpu. Typické pre toto väzivo je jeho mikroskopická štruktúra tvorená vretenovitými a hviezdovitými fibrocytami, fibroblastami, tenkými kolagénovými fibrilami. Tento typ väziva vytvára prostredie v ktorom sú uložené cievy a nervy vo forme siete. Obsahuje myelinizované a nemyelinizované nervové vlákna. Na rozhraní zubnej pulpy a dentínu sa nachádza jeden alebo dva rady vysokých buniek, sú to odontoblasty. Odontoblast je polarizovaná štíhla bunka, ktorá produkuje organickú základnú hmotu len na povrchu ktorý je privrátený k dentínu. Jadro je umiestnené pri báze bunky. Odontoblasty majú tenké cytoplazmatické výbežky, ktoré prenikajú šírkou dentínu, ako Tomesove vlákna. Tieto vlákna sú uložené v kanálikoch (canaliculi dentis).

Rozdiel medzi dentínom a kosťou spočíva v tom, že dentín ako mineralizované tkanivo v zube ostáva dlho i po zániku odontoblastou. Je to dôležitý poznatok aplikovaný v stomatologickej praxi, keď možno zachovať zuby ktorých pulpa a odontoblasty boli infekciou zničené. Pri zuboch trvalej dentície sklovinou porušenou kazom, alebo opotrebovaním dochádza občasne k reaktívnej dentinogéze pri ktorej sa obnoví syntéza jeho komponentov. Dentín je tvrdší ako kosť.

Sklovina sa nachádza na povrchu dentínu v oblasti corona dentis. Je najtvrdšou substanciou v ľudskom organizme, je najbohatšia na vápnik. Mikroskopická štruktúra skloviny je tvorená z priziem s hrúbkou 4-6 mikrometrov. Prizmy sú spojené interprizmatickým emailom. Každá prizma preniká celou hrúbkou skloviny. Je tvorená 90% hydroxyapatitom, solami vápnika, horčíka a 0,5% tvorí organická hmotu, zvyšok voda. Sklovinové prizmy i interprizmatický email sú tvorené hydroxyapatitom. Navzájom sa líšia iba orientáciou kryštálov. Organická hmotu skloviny nie je zložená z kolagénových fibríl ale z heterogénnych proteínov.

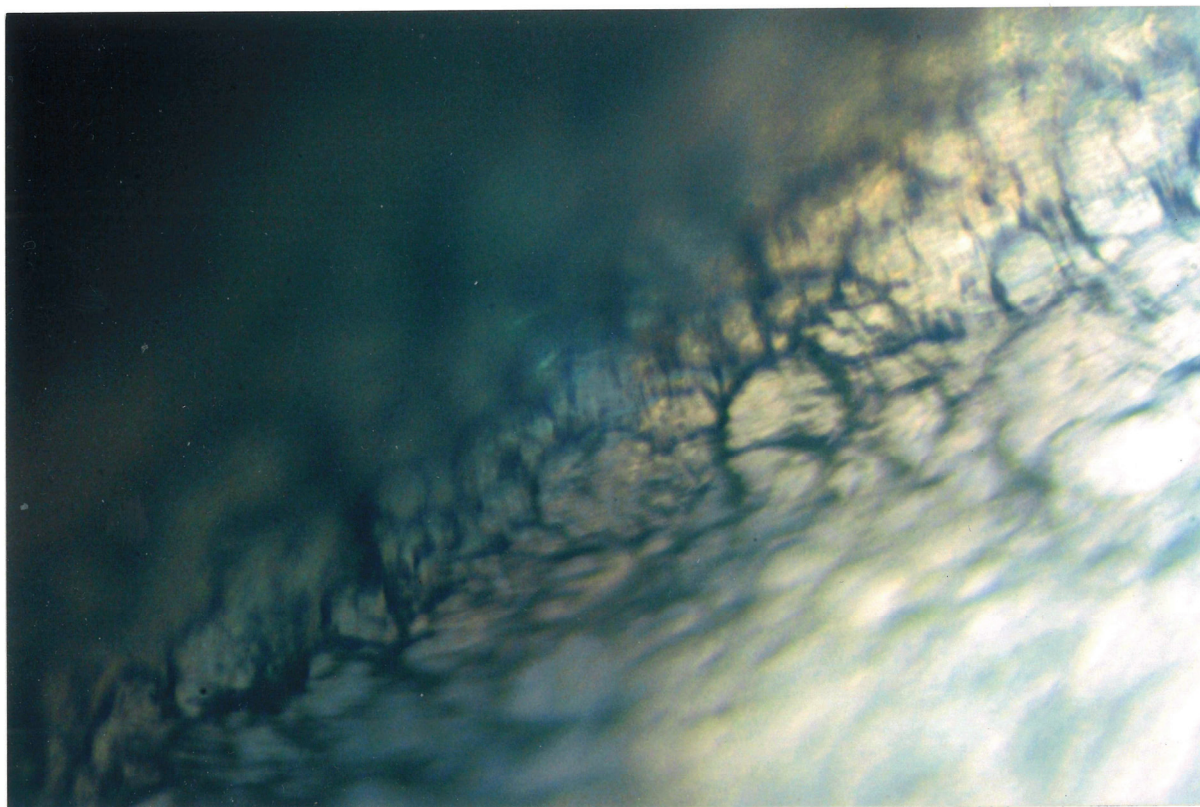
Zubný cement obklopuje dentín v oblasti zubného koreňa od krčka. Je tvorený vláknitým kostným tkanivom z bunkami, ktoré sú podobné osteocytom. Cement neobsahuje Haverzové systémy. Osteocyty sú uložené v lakúnach - tieto bunky sa nazývajú cementocyty. Cement podobne, ako kostné tkanivo je veľmi citlivý na mechanickú záťaž, má schopnosť dynamickej prestavby. Ak je periodontálne väzivo zničené, cement nekrotizuje a môže byť vstrebaný. Stála tvorba cementu kompenzuje rastové zmeny ktorými prechádza zub. Zmyslom tohoto procesu je udržiavanie kontaktu medzi koreňom a stenou alveoli. Cement spolu s periodontálnymi väzmi, alveolárnou kosťou a gingivou patrí k pomocným štruktúram zuba. Cement je veľmi labilný. Periodont tvorený periodontálnymi väzmi slúži ako periost alveolárnej kosti.

Zubná dreň obsahuje riedke väzivo, bohato vaskularizované a inervované. Vypĺňa dreňovú dutinu a koreňový kanálik zubov. Obsahuje fibroblasty, retikulárne bunky a plazmatické bunky, bipolárne pulpocyty a nediferencované mezenchýmové. Prítomné sú tam tenké kolagénové fibrily. Fibroblasty produkujú vláknitú a amorfnú hmotu drene. U detí prevláda amorfná hmotu, dreň nadobúda rôsolovitý charakter.

Zistenia prítomnosti olova na mikroskopickej úrovni

Uvedené tvrdenie, že Zub je považovaný vo vzťahu k neurotoxickému prvku olova za jeho depozit dopĺňame o nasledujúcu vizualizáciu (obr. 35).

Dentínovo-cementový spoj, kde sa tvoria zrnitá vrstva (podľa Tomesa). Dentín je prvou mineralizovanou zložkou zuba, ktorá sa má uložiť. Tieto poznatky majú veľmi dôležitú úlohu pre prítomnosť olova (Pb). Na obrázku 35 je olovo prítomné ako ihly tyrkysovej farby. Lokalizácia je na vnútornom povrchu dentínu



Obrázok 35 – Obraz prítomnosti Pb v histochemickej lokalite ako jemné ihličky tyrkysovej farby (lokalizácia v okolí uhlopriečky zľava dole doprava hore).

Vizualizované metódou Mallory, Frank, Parker.

Zväčšenie 250x v optickom mikroskope

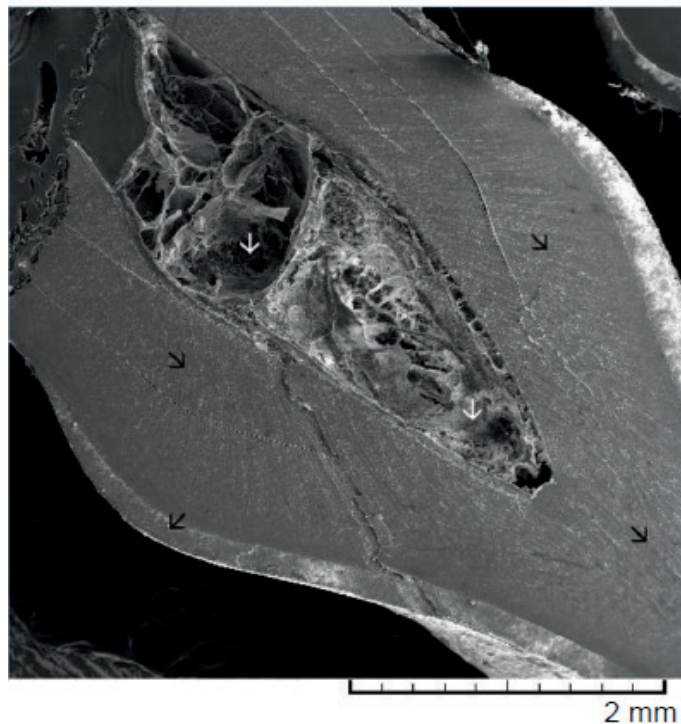
Zuby sú obzvlášť dobrým markerom dlhodobej expozície ľudského organizmu k prítomnosti olova (Chew LT a kol., 2000). Zubné tkanivo je relatívne stabilné, preto má tendenciu na zachovanie kovových prvkov prítomných počas mineralizácie zubov (Tvinnereim HM a kol., 2000). Akumulácia olova v dentíne v blízkosti zubnej drene bola potvrdená u detí s vysokými hladinami olova v krvi (Youravong N a kol., 2008). Množstvo olova silne závisí od typu zubného tkaniva a typ zuba (mliečne vs. trvalé) (Almeida a kol., 2011). Schopnosť ťažkých kovov vtesnať sa do (predifundovať do) zubného tkaniva počas mineralizácie bolo dobre známe (Youravong N a kol., 2008).

Rezák mliečneho chrupu

Smerom od tela odontoblastov až k rozhraniu dentínu a skloviny sú prítomné nasledujúce typy zuboviny:

- tenká vrstva nemineralizovaného predentínu v tesnej blízkosti odontoblastov,
- mineralizovaný dentín prítomný pri rozhraní dentín-sklovina.

Každý odontoblast vysiela smerom k sklovine jeden dlhý výbežok – Tomesove vlákno. Tieto vlákna prebiehajú v tenkých zubných kanálikoch. Rozvetvujú sa až v tesnej blízkosti spojenia dentín so sklovinou. Štruktúru rezáka znázorňujeme na obr. 36.



Obrázok 36 - štruktúra rezáka mliečneho chrupu na priečnom reze v REM.

šípky čiernej farby: ↙ sklovina, ↘ dentín,

šípka bielej farby: ↓ zubná dreň

Zväčšenie 35 x

2.5. Monitoring zdravia a životného prostredia

V prvej kapitole sme poznamenali rozdiel v množstve dostupných ale nespracovaných dát v porovnaní s množstvom spracovaných dát. Čas sa stáva dôležitým faktorom aj pri sledovaní online dynamiky procesov v ľudskom organizme i v životnom prostredí. Aj keď nie je naším cieľom predstaviť katalóg analytických prístrojov na meranie prítomnosti rôznych komponentov, pripomeňme dva prístroje:

- **plynová chromatografie (GC-MS)** – Gas Chromatography – Mass spectrometry je považovaná za „zlatý štandard“:

Skúmanú vzorku pre danú analýzu treba reálne komplikovaným procesom pripraviť čo vyžaduje znalosti a čas. Po príprave je vzorka injektovaná do kolóny ktorou sa za určitý čas vzorka finálne dostane do analyzátoru, kde je analyzovaná a výsledky sa zobrazia na počítači. Je to veľmi selektívna metóda a je ňou možné vykonať veľmi precíznu kvantifikáciu - avšak je potrebné veľa času na vykonanie jednej analýzy. Nevýhodou tejto metódy je, že real time – online monitoring ňou nie je možné uskutočňovať.

- **PTRMS** – Proton Transfer mass spectrometry svoju silnú stránku ukazuje v možnosti online in real time analýzy.

Ide o metódu, priekopníkom ktorej už pred viac ako 25-timi rokmi bol profesor Werner Lindringer, ktorého príbeh merania v blízkosti meteorologickej stanice na jednom z alpských končiarov sme už v tejto monografii spomenuli.

Vzorkou môže byť plyná, kvapalná, ale aj pevná/prach látka – každá látka má svoje „vapor pressure“ – každá so substancii má istý tlak nasýtených pár a bude sa vyparovať časť z jej komponentov. Plynné výpary zo vzorky, alebo samotná plyná vzorka je priamo v reálnom čase analyzovaná – vyparované častice „get pump into a instrument“ a sú analyzované – výsledok celé hmotnostné spektrum v podobe dát a na počítači sledujeme kompletne spektrum v danom čase prítomných komponentov: ide o technológiu na monitorovanie dynamicky sa meniacich procesov. Práve procesy v ľudskom organizme a v životnom prostredí sú online meniace sa. Z množstva aplikácií použiteľnosti tejto techniky uvedme pre zdravie dôležitú a v dnešnej dobe aj klinicky certifikovanú technológiu analýzy dychu („breath analysis“).

Zdravotná politika a dáta

Vďaka citlivým meracím prístrojom, prepracovaným algoritmom modelovania, moderným technológiám a dlhodobému monitoringu možno so získaných dát vytvoriť dynamický obraz sledovaných skutočností, vrátane príprav prognóz – a to nie iba vo vzťahu k dlhodobej expozícii časticiam, ktorej sa venuje táto kapitola našej monografie.

Benefity práce s dátami a monitoringu sú v:

- možnosti tvorby predpovedí optimálneho riešenia epidemiologickej alebo environmentálnej situácie (ako sme spomenuli v prvej kapitole);
- implementácií moderných technológií (kapitola 2.5.1);
- definovaní environmentálneho rizika (kapitola 2.5.2);
- definovanie zdravotných rizík (kapitola 2.5.3).

Vo WHO dokumentoch sa čitateľ stretne aj s týmito 5 krokmi tvoriacimi a definujúcimi kruh aktivít zdravotnej politiky:

1. agenda settings – identifikovanie problému a stanovovanie spôsobov riešenia;
2. formulácia jednotlivých politik;
3. vytváranie rozhodnutí;
4. implementácia politik – zavádzanie so praxe;
5. monitoring a vyhodnocovanie.

2.5.1 Implementácia moderných technológií

Tu nespomenutou nevýhodou množstva prístrojov vo vzťahu k ľudskému zdraviu sú ich relatívne náročné požiadavky na infraštruktúru (elektrická energia, internet, možnosť uskladnenia vzoriek v presne sledovanej teplote, primerané prostredie - kde sa analýzy vykonávajú) a potrebu odborne vyškoleného personálu pre prácu s danými zariadeniami.

Aj v treťom tisícročí sú však situácie, kedy lekár, resp. zdravotnícky pracovník má konať rýchle aj v „bojových“ podmienkach – tu WHO na základnú diagnostiku (pozitivitu / negativitu) zavádza rapid testy, použitie ktorých pre ich nenáročnosť je možné „zachytiť“ trend v priebehu a šírení ochorení.

Pripomeňme ešte ďalší trend v zdravotníctve tretieho tisícročia je:

- on-line monitoring pacienta na diaľku,
- používanie relatívne jednoduchých a na prevádzku nenáročných prístrojov s viacnásobnou funkcionalitou. Tu môžeme uviesť aj prístroj S-Case vyvinutý študentmi LFUK v Bratislave, prezentovaný aj na Tropicteam konferencií v Bratislave,
- nové techniky dohľadu nad infekciami v reálnom čase, ako je epidemiológia založená na sledovaní odpadových vôd.

Neoddeliteľnou súčasťou práce s modernými technikami je ich využitie:

- pri výučbe a pri simuláciách,
- pri diagnostike a pri terapeutickej intervencii.

Súčasťou kurikula zdravotníckych pracovníkov je vybudovať u nich „cit“ a schopnosti dobrej voľby - správnych odpovedí na otázky:

- akú techniku alebo aký technologický postup je vhodné použiť,
- za akých špecifických podmienok danú techniku a daný postup použiť,
- aké sú riziká spojené z daným postupom.

Nezanedbateľným benefitom moderných techník je aj možnosť predprípravy v podobe simulácie, natrénovania si a optimalizovania príslušného úkonu (či už ide o diagnostiku, alebo o terapiu) vďaka dátam, ktoré možno analyzovať.

Čitateľ nájde množstvo review článkov predstavujúcich špeciálne simulačné programy pre jednotlivé špecializácie, súčasný stav a vízie do budúcnosti.

2.5.2 Príklady environmentálneho rizika

Podobne ako v zdravotníctve, i v ochrane životného prostredia začína zohrávať významnejšiu úlohu evidence based koncepcia, ktorej aplikovateľnosť v krátkosti možno predstaviť v troch bodoch:

- merateľné údaje sú základom pre identifikáciu problémov (tu pripomeňme, predpoklad kalibrácie príslušných diagnostických prístrojov a výber správnej diagnostickej techniky);
- technická realizácia merania v priestore a v čase. Moderné technológie a telekomunikačné prepojenie, vrátane satelitného umožňuje „dostať sa detektoru“ všade tam, kde „existuje signál“ čo umožňuje online „navigáciu“ zariadenia s príslušnými senzormi pohybujúceho sa po zemi, vo vzduchu, alebo vo vode. V prípade, že nie je možná online navigácia je nevyhnutné, celý proces zberu dát vrátane definovania pohybu technického zariadenia s detektormi dopredu naprogramovať. Pri tu uvedenom procese zberu dát nie je potrebná prítomnosť personálu presne v mieste zberu dát – čo eliminuje prípady novej expozície personálu;
- simulácie a modely sú základom pre výber vhodného riešenia problému (tu pripomeňme, že nie vždy je rozumné ignorovať riziká a odďaľovať riešenie problému).

Tu si predstavíme niektoré významné skutočnosti a súvislosti

- **Všeobecný problém – pôda a palivá**

Z hľadiska životného prostredia vyššie uvedené otvára problém realizácie napájania – zdroje energie pre množstvo zariadení, vrátane techník pre vybavenie zariadenia na bezpečné uskladňovanie a likvidáciu energeticky vyprodukovaného odpadu (od „malého“ – batérie až po „veľký“ – jadrový odpad v jadrových elektrárnach). Odpadový manažment úzko súvisí s etickými otázkami a poznatkami o interakciách odpadu so vzduchom, s vodou a s pôdou.

Všimnite si, že v minulosti sa v energetike často používalo spaľovanie, najmä drevo a uhlie. Pokiaľ aj došlo k zmene paliva, príčinou bola najmä zvýšená energetická efektivita za nižšiu cenu a nie snaha o minimalizovanie environmentálnych dôsledkov. Až v treťom tisícročí sa hľadajú nové a alternatívne zdroje energie (nové palivá, používanie batérií novej generácie atď.) s paralelným dôrazom na riešenie vplyvu nie iba na ľudské zdravie ale i na životné prostredie.

Podobná situácia je aj pri hľadaní ekologického riešenia dopravy (cestná, letecká...).

- **Historické budovy ako problém – Pb v budovách – ich vzťah k znečistenému životnému prostrediu**

Kapitolu sme začali uvedením troch alarmujúcich údajov uvedených publikovaných WHO. Treťou z nich je skutočnosť 3,8 milión úmrtí ročne ako následok domácej expozície dymu z pri použití už spomenutých zlých varných telies piecok a na spaľovanie nevhodného paliva (resp. paliva nevhodnej kvality).

Pripomeňme skutočnosti: Nie vždy je známe chemické zloženie komponentov ako aj význam energie (teploty pri spaľovacom procese). Do ovzdušia a nie len do ovzdušia sa tak dostávajú zdraviu škodlivé komponenty.

Údaje o sledovanom olove doplníme o alarmujúce aj vo vedeckých žurnáloch publikované, už prvé, informácie súvisiace s požiarom katedrály Notre Dame v Paríži, podľa štúdie Roux a kol., 2019:

- význam olova v historických pamiatkach – olovo bolo plastom včerajška, používalo sa všade;
- počas požiaru vďaka dodanej energii a vysokej teplote pri ktorej dochádza k taveniu olova došlo k uvoľneniu sa 450 ton olova – uvedené množstvo 4,5 násobne prekročí celoročný limit emisie olova do atmosféry (čo je cca 100 ton pre celé francúzske územie ročne);
- uvedené množstvo olova – ktoré bolo súčasťou konštrukcie strechy katedrály, predstavuje vysoko rizikóvu environmentálnu a zdravotnú záťaž a do životného prostredia sa primárne dostalo dvoma cestami:
 - i) pri požari (procesom horenia) priamo do ovzdušia;
 - ii) pri hasení požiaru prostredníctvom vody (resp. hasiacej zmesi) sa zostatkové olovo dostalo do pri katedrále lokalizovanej rieky Seine.

Výsledky práce Roux a kol. možno interpretovať aj takto: Pb sa z pomocníka (nosná intaktná podporná časť konštrukcie monumentálnej stavby, ktoré sa nedostáva do styku s návštevníkmi katedrály) požiarom zmenilo na pre zdravie a pre životné prostredie vážnym problémom:

- Vieme že olovo sa dostalo do všetkých zložiek životného prostredia – do vzduchu, - do vody, - a aj do pôdy.
- Z pohľadu verejného zdravotníctva teraz nevieme definovať následky (a čas ich prejavu sa, tu pripomenme obrázok 30 z Nevinovej štúdie) možnosti kontaktu organizmu/organizmov s Pb (príklad inhalácia dymu, čistiace práce a iné).

Roux a kol. pripomenul aj štúdie Pattersona (1965, 1970) o globálnej kontaminácii olova – používaného aj pri stavebníctve.

• **Špeciálny problém dnešných čias – plasty všade**

Po tretí a posledný krát pripomenieme príbeh profesora Wernera Lindingera – na mieste, kde sa neočakávalo, že bude merať „zlé výsledky/dáta“ – neočakávané údaje z PTRMS monitoringu čistoty ovzdušia na vrchole alpského končiara.

Ako paralelu k príbehu o monitoringu čistoty ovzdušia na vrchole alpského končiara uvedme nasledujúcu alarmujúcu prácu/výsledky, publikovanú ešte v pred-Covidovom čase v článku s originálnym názvom: „White and wonderful? Microplastics prevail in snow from the Alps to the Arctic“ – čo v preklade znamená: „Biela a nádherná? Mikroplasty prevládajú v snehu od Álp po Arktídu“ od autorov Melanie Bergmann et al, 2019. Tento vedecký článok poukazuje na praktické dôsledky absencie hraníc prúdenia vzduchu, na akumulovanie malých častíc do vzduchu a ich prenos prúdením prakticky kamkoľvek. Vedecký tím z Nemeckého inštitútu Alfreda Wegenera pre polárny a morský výskum (AWI) dospel k záveru, že vzduch je silne znečistený mikroplastmi. Vedci skúmali vzorky snehu z viacerých miest – z Nemecka Súostrovia Helgoland, z Bavorska, z Brém, zo švajčiarskych Álp a z Arktídy. Experiment na následný zisk dát v laboratórnej analýze bol jednoduchý: na mieste boli odobraté vzorky v tvare ľadových krúžkov – v Arktíde a tiež aj na Svalbardských ostrovoch. Počas laboratórnej analýzy vzoriek roztopili sneh, filtrovali vody a zvyšok vyšetrili infračervenou spektroskopiou pričom skoro vo všetkých vzorkách detekovali prítomnosť mikroplastov. Ich obsah v snehu zozbieraný na Arktída bol menší ako v Európe, ale stále to bolo „podstatné“ množstvo 1760 častíc na liter vody v priemere. Ešte viac častíc bolo v snehu, ktorý napadol vedľa cesty na bavorskom vidieku. V litri vody výsledne po jej rozpustení výskumníci našli 154 000 častíc.

Tu sme prezentovali iba jeden príklad z množstva rizikových faktorov. Sústreďujeme sa na dôsledky znečistenia vzduchu (air pollution) – v tu predstavenom prípade vidíme tri: – inhalácia vzduchu obsahujúceho mikročastice, – presun vzduchu z mikročasticami prakticky kdekoľvek (čiže rozširovanie problému), – ale aj prítomnosť plast obsahujúcich mikročastíc v ľade/snehu. Nesústreďujeme sa na množstvo ďalších variácií makroskopického plastového odpadu, ktorého prítomnosť vo svetovom meradle vzrástla v čase pandémie koronavírusu so vzrastom hygienických požiadaviek (ochrana nosu a úst, rukavice, obaly potravín), ktoré boli v rýchlom čase uspokojené použitím nie vždy rýchle degradovateľných plastov.

• **Priemyselné znečistenie a kríza spôsobená koronavírusom v roku 2020**

Túto kapitolu doplníme aj zaujímavými pozorovaniami počas pandémie koronavírusu COVID-19 v roku 2020.

- Po prvé – snímky zo satelitného monitorovania znečistenia ovzdušia ukázali až 30 % zníženie koncentrácie škodlivého plynu NO_2 nad východnou a strednou Čínou po vypuknutí pandémie koronavírusu aspoň čiastočne súvisí so spomalením hospodárskeho rastu (všimnite si, že NO_2 je vedľajším produktom spaľovania paliva emitovaného motorovými vozidlami, elektrárnami a priemyselnými zariadeniami).
- Po druhé, nezávislý výskum naznačil, že jeden z niekoľkých faktorov vedúcich k nezvyčajne rýchle šírenie koronavírusovej choroby v severnom Taliansku môže byť veľká koncentrácia prachových častíc z priemyselného znečistenia, ktorá je často prítomná v tomto priemyselnom srdci krajiny.

Tieto pozorovania ukazujú, že až nečakaná a výnimočná udalosť (vedúca k zmene životného štýlu) je potrebná na úplné uvedomenie si nasledovných faktov: i) úrovne znečistenia sú stále vysoké a ii) môžu mať hmatateľné negatívne vplyvy. A to aj napriek významnému pokroku, ktorý sa dosiahol v posledných 50 rokoch na kontrolu znečistenia (dokonca aj v Číne, kde úroveň znečistenia klesla výrazne za posledných niekoľko rokov). To môže slúžiť ako varovanie a súčasne aj ako motivácia pre ešte tvrdšiu prácu na podpore k životnému prostrediu šetrnejšieho využívania prírodných zdrojov a ľudského správania.

Vďaka existencii merateľných dát, ich analýze možno do praxe implementovať činnosti minimalizujúce negatívne vplyvy na životné prostredie.

- **Prírodné a antropologické katastrofy z pohľadu zdravia a životného prostredia**

Fyzikálnym, Chemickým, Biologickým faktorom je ľudský organizmus i všetko na zemi žijúce tvorstvo vystavené aj v prípade náhle uskutočnených a nepredvídaných katastrof. Katastrofy trvalo a dlhodobo zasahujú životné prostredie. Pripomeňme, že v prípade životného prostredia samoregeneračný proces trvá aj roky. Maximálne riziko a následky katastrofy sú v jej epicentre.

Pripomeňme tri s energetikou súvisiace katastrofy:

- Rok 1984 – explózia jadrovej elektrárne v Černobyle (explózia v bloku 4);
- Rok 2011 – zatopenie jadrovej elektrárne vo Fukushima ničivou vlnou Tsunami a následná jadrová havária;
- Rok 2023 – explózia oporného múru a strojovne Kachovskej vodnej nádrže, ktoré spôsobili následné neregulované zaplavenie veľkého územia tou vodou, ktorá bola v danej priehrade, ktorá sa vyliala.

Základné postupy a zručnosti v riešení akútnych situácií a katastrof sme prezentovali v spoločnej monografii Šramková a kol., 2018.

Z pohľadu ochrany zdravia a životného prostredia je dôležitá znalosť následnosti troch krokov v pomoci:

Prvý = záchrana ľudských životov, Druhý = humanitárne aktivity (zabezpečiť nocľah, hygienu, lieky, stravu, oblečenie), Tretí = rozvojové aktivity.

Paralelne s každým z tu uvedených krokov sú nevyhnutné:

- ochrana zasahujúceho personálu,
- zabezpečenie miesta katastrofy – zastaviť alebo spomaliť domino efekt katastrofy,
- minimalizácia epidemiologických rizík trvajúcich aj dlhodobo po katastrofe.

- **Monitoring a dáta poukazujúce na globálne otepľovanie**

Dáta poukazujú na dynamiky jednotlivých procesov. Pre Slovensko podľa slov profesora Milana Lapina hrá dôležitú úlohu aj meteorologická stanica v Hurbanove z ktorej máme nepretržité dáta už od roku 1901. Táto stanica je v oblasti kde za celé obdobie nedošlo k žiadnej významnej zmene životného prostredia a podľa meraní od roku 1901 do 2005 bol zaznamenaný lineárny nárast teploty o plus 1,6 °C. Záverom pripomeňme:

- adaptabilita zeme – dátami je historicky podložená existencia klimatických zmien. Problém nie je v existencii aj číselne väčšej zmeny teploty zeme ale problém je v rýchlosti s akou daná zmena nastane. V minulosti boli zmeny pozvoľné a dlhotrvajúce viac storočí. V industriálnej a post-industriálnej dobe došlo k významným zmenám za veľmi krátky čas – sto rokov.
- klimatický systém zeme popisovaný zložkami: atmosféra, hydrosféra, kryosféra (ľadovce), litosféra, biosféra je doplnený o zložku noosféra definujúcu ľudskú aktivitu ovplyvňujúcu aj klimatické procesy.
- zákony fyziky sú základom pri výpočtoch a tvorbe modelov a predpovedí. Pripomeňme vysokú presnosť súčasných meteorologických predpovedí a tvorbu modelov minimalizácie globálneho otepľovania.

2.5.3 Príklady zdravotných rizík

V zdravotníctve je prevencia chorôb takmer vždy menej nákladná, účinnejšia a menej riskantná ako liečba choroby. Dobrá a účinná prevencia si vyžaduje pochopenie riziká ochorenia. Hodnoteniu rizika napomáhajú experimentálne, matematické štúdie modely a merania individuálnych rizikových faktorov (ako napríklad prítomnosť olova v krvi, v zuboch a v placentе) a rizikové faktory spoločné pre širšiu populáciu (napríklad zlá úroveň kvality ovzdušia, vody alebo pôdy, expozícia na chemikálie a žiarenie atď.). Ako sme už diskutovali, ľudské zdravie závisí od kvality okolitého prostredia. Ľudský organizmus aj životné prostredie sú dynamické systémy závislé od mnohých premenných. Riziká možných environmentálnych a zdravotných kríz je potrebné dôkladne preskúmať a prijať na dátach založené prístupy v kombinácii s pokročilým modelovaním. Predpovede krízy by mali slúžiť ako varovania. Niektoré z týchto predpovedí sa môžu javiť ako najhoršie scenáre, a často samoliečebná/regeneračná dynamika ľudského tela a životného prostredia dosiahne lepšie výsledky. Niekedy sa však tieto predpovede stanú pravdivými a majú hlboký vplyv na ľudské životy, hospodárstvo a blahobyt.

Tu je niekoľko príkladov súvisiace s problematikou znečistenia ovzdušia:

- Zoberme si napríklad **problém antimikrobiálnej rezistencie (AMR)**. O'Neill predpovedá významný nárast chorôb a úmrtí v dôsledku zvýšeného počtu rezistencie bakteriálnych a vírusových mutácií na lieky (O'Neill, 2014). Vážnosť tu spomenutej predikcie už v súčasnosti potvrdzuje aj skutočnosť zvyšujúceho sa výskytu prípadov náročnejšej a dlhšej liečby z dôvodu nasadenia druhého antibiotika v rade pre „neúčinnosť prvého nasadeného antibiotika“.

Časový pohľad na problém AMR: od roku 1928 kedy Alexander Fleming vynášiel prvé účinné antibiotikum – penicilín vznikla širšia rodina antibiotík používaných na liečbu infekčných a bakteriálnych ochorení. Zlou správou je, že ešte neuplynulo ani sto rokov a ľudstvo sa postupne dozvedá o apokalyptických dôsledkoch antimikrobiálnej rezistencie. Tiež pripomeňme, že okrem liečby sa antibiotika používajú podľa protokolu aj pri a po operačných zákrokoch ako profylaxia. Zvlášť nebezpečná je rezistencia u infekciách ktoré si vyžadujú časovo dlhodobú terapiu.

Okrem častého užívania antibiotík na liečbu bežných ochorení situácia sa zhoršuje ich intenzívne používanie u zvierat určených na výrobu potravín, čo urýchľuje výskyt baktérií antimikrobiálnej rezistencie, ktoré sa môžu prenášať potravinovým reťazcom.

To podčiarkuje potrebu podporovať imunitný systém a znižovať expozíciu k environmentálnym toxínom, ktoré znižujú imunitu. Podľa štatistik WHO o znečistení ovzdušia uvedených na strane 67 sú ľudské dýchanie a kardiovaskulárny systém silne zaťažené vystavením znečisteniu ovzdušia. Aditívne poškodenie spôsobené touto expozíciou a mikrobiálnou expozíciou si vyžaduje starostlivé štúdium, výskum a monitoring.

Pripomeňme dôležitosť troch paraelných aktivít:

1. v zdravotnom vzdelávaní na zisk zručností pre zvyšovanie individuálnej imunity a budovanie zdravého životného štýlu,
 2. vo vede a výskume – aby sa eliminovali riziká neúčinnosti liečby vedci pracujú na objavovaní nových antivírusových liekov na liečenie chorôb,
 3. v budovaní bezpečného potravinového reťazca a bez-emisného hospodárstva.
- Okrem antimikrobiálnej rezistencie existuje aj zvýšené **riziko nových vírusových chorôb**. Pandémia koronavírusu COVID-19 v roku 2020 môže slúžiť ako príklad. Táto pandémia mala hlboké negatívne účinky na spoločnosť. Ako už bolo diskutované vyššie, možné environmentálne faktory, ktoré sa podieľajú na rýchlom šírení. Táto choroba sa stále skúma, ako aj faktory vedúce k rôznym reakciám v rôznych regiónoch. Je zrejmé, že včasnosť a účinnosť antiepidemiologickej intervencie (napr. obmedzenie sociálnych kontaktov, testovanie, sledovanie kontaktov a izolácia ohnisk, hlbkové čistenie, zakrytie nosa a úst – nosenie rúšok, atď.) zohral kľúčovú úlohu. Použitie matematických modelov pomohlo inscenovať nástup a zmiernenie týchto intervencií v mnohých krajinách. Učenie od COVID-19 pomôže nabudúce konať inteligentnejšie. Napriek

tomu prispôsobivosť a vývoj vakcíny proti novým chorobám môže trvať dlho. Toto opäť zdôrazňuje potrebu udržiavať silný imunitný systém a znižovať iné škodlivé expozície oslabujúce imunitu.

- **Zrýchlenie globálneho otepľovania** je ďalším faktorom, ktorý môže viesť k špecifickým zdravotným rizikám obyvateľstva – napríklad zvýšený výskyt tropických chorôb v geografických oblastiach, kde v minulosti neboli bežné. Rýchla zmena klimatických podmienok a zvýšený výskyt extrémneho počasia a prírodné katastrofy (napr. lesné požiare, suchá, záplavy, zosilnené hurikány atď.) môže viesť k sociálnym krízam (napr. migrácia utečencov, hladomor, šírenie chorôb atď.).

V priebehu storočí spoločnosti rástli v uznávaní ľudskej dôstojnosti a práva človeka na život, slobodu a hľadanie šťastia. Preto významné Zdravotnícke zdroje sa dnes venujú na záchranu ľudských životov. Je to naša nádej, že spoločnosti budú pokračovať v tejto ceste a tiež rásť v uznaní dôležitosti prostredia, v ktorom žijeme – zachovanie jemnej rovnováhy medzi rastom ľudskej činnosti a starostlivosťou o životné prostredie, ktorá hlboko ovplyvňuje našu pohodu.

3. EXPOZÍCIA ORGANIZMU ŽIARENÍU

Žiarenie sa stalo neoddeliteľnou súčasťou medicínskej diagnostiky a terapie

Znalosť štruktúrnych a funkčných zmien spôsobených žiarením je nevyhnutná

3. EXPOZÍCIA ORGANIZMU ŽIARENIU

V prvej kapitole uvedenú skutočnosť existencie veľkého množstva dát s pohľadu zdravotníctva môžeme najjednoduchšie interpretovať množstvom v dátovej forme zrealizovaných röntgenových snímok a následne ďalších, po všetkých stránkach komplikovanejších, avšak v čase tretieho tisícročia rutinných diagnostických medicínskych vyšetrení a terapeutických intervencií.

Pripomeňme štyri významné skutočnosti:

- míľnikom v medicínskej diagnostike bol už v roku 1895 Wiliemom Konradom Röntgenom objav existencie röntgenových lúčov realizovaných vyžiarovaním fotónov procesom rýchleho zabrzdenia urýchlených elektrónov vznikajúcich vo vákuu.
- míľnikom v medicínskej intervencii vďaka existencii dát z v presne za sebou nasledujúcich polohách zrealizovaných viacerých skenov je možnosť prípravy 3D obrazu a tlač 3D modelu potrebného pre „nácvik“ intervencie alebo pre samotnú intervenciu.
- výstrahou pre budúcnosť je skutočnosť rýchlych zmien externého prostredia. Vieme o existencii adaptability organizmov, vrátane ľudského organizmu na pomalé vonkajšie zmeny. Pokiaľ sú zmeny externého prostredia rýchle a skokové nedochádza k danej adaptabilite (príkladom sú aj riziká spustenia lavíny efektov súvisiacich s globálnym otepľovaním).
- terminologický rozdiel dvoch pojmov ožiarenie (vtedy ožiarení objekt, teda aj ľudský organizmus následne nie je žiaričom) a kontaminácia (keď dôjde ku priamemu kontaktu objektu so žiaričom, vtedy sa už aj ten objekt stáva žiaričom).

Ak si za východisko nášho predstavenia vedeckých poznatkov zvolíme obrázok histórie ochorenia (obr. 7 / str. 32) a pojem expozície, potom odpoveď organizmu na dlhotrvajúcu expozíciu externým fyzikálnym faktorom možno ilustrovať aj na:

1. spomenutom výskume vplyvov aerosólov alebo prachu obsahujúceho aj ťažké kovy z priemyselného znečistenia, (diskutovanom v druhej kapitole), ale aj
2. na vplyve žiarenia, ktorému sa budeme venovať v tejto kapitole. Najprv si predstavme našu motiváciu.

Motivácia ku kapitole – Vplyv ožiarenia

Reflektujeme skutočnosť, že k modernej liečbe onkologických ochorení patrí aj používanie žiarenia. Terapeutické a diagnostické techniky sú kontinuálne zdokonaľované, tak aby minimalizovali vplyv použitého žiarenia na zdravé tkanivá.

Naša štúdia **Irradiation as a hazard for mucociliary clearance** po prvý raz do hĺbky predstavila výskum komplexu nezanedbateľných štrukturálnych zmien, ako dôsledok ožiarenia. Zistenia boli prevedené na získaných a vyhodnotených obrazoch (elektrónogramoch) vybraných štruktúr vo svetelnom, v polarizačnom, v rastrovanom elektrónovom a aj v transmisnom elektrónovom mikroskope. Mimo identifikovania a vizualizovania štruktúr, prítomnosť ktorých poukazuje na následky ožiarenia, sme kvantifikovali štrukturálne zmeny s použitím morfometrických metód. Čísla z uvedenej kvantifikácie zaznamenaných štrukturálnych zmien odzrkadľujú:

1. zmenšenie respirabilnej plochy pľúc, ako následok ožiarenia, vďaka ožiarení iniciovanej proliferácii kolagénového väziva cestou fibroblastov a
2. zväčšenie hrúbky alveolárno-kapilárnej bariéry pre výmenu vo vzduchu nachádzajúcich sa molekúl O_2 a CO_2 .

Pri dnes používanej EBM – evidence based medicine (medicíne založenej na dôkazoch) sa kladie dôraz na merateľné skutočnosti (číslene alebo obrazom identifikovateľné). Motiváciou sa tak stáva obrazom identifikovaná morfológia sekvencie nájdených zmien.

Opätovne pripomeňme priamy súvis funkčnosti biologických štruktúr a systémov v ľudskom organizme z ich morfológiou (čiže štrukturálnym obrazom) – zmeny morfológie sú predobrazom zmeny funkčnosti.

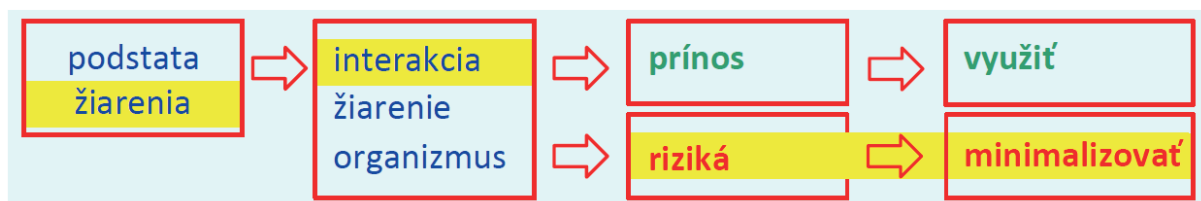
Položme si otázku:

Akou správou je existencia množstva RTG, CT a iných dát (získaných s použitím žiarenia) z diagnostických vyšetrení?

- Zlou správou je ak je jeden pacient viac krát zbytočne vystavený žiareniu.
- Dobrou správou je ak existuje knižnica / databáza veľkého množstva už vyhodnotených RTG záznamov/snímok a iných záznamov od rôznych pacientov. Nie je tajomstvom skutočnosť, že v treťom tisícročí sa na spracovanie veľkého množstva dát začínajú používať a permanentne sa zdokonaľujú v prvej kapitole už spomenuté algoritmy umelej inteligencie. Pripomeňme, že „stroj“ vďaka algoritmu využívajúcemu databázu a princípy strojového učenia vie upozorniť na „potencionálne“ diagnostické zistenie z konkrétneho záznamu. Tu však úloha stroja / algoritmu „končí!“. Finálne rozhodnutie a vyhodnotenie záznamu je vždy na lekárovi.

3.1. Podstata žiarenia – základné pojmy

Predstavme si v sekvencii krokov schému tejto kapitoly:



Základné pojmy a faktory hodné zreteľa pri sledovaní vplyvu žiarenia ako komponenty životného prostredia na organizmus:

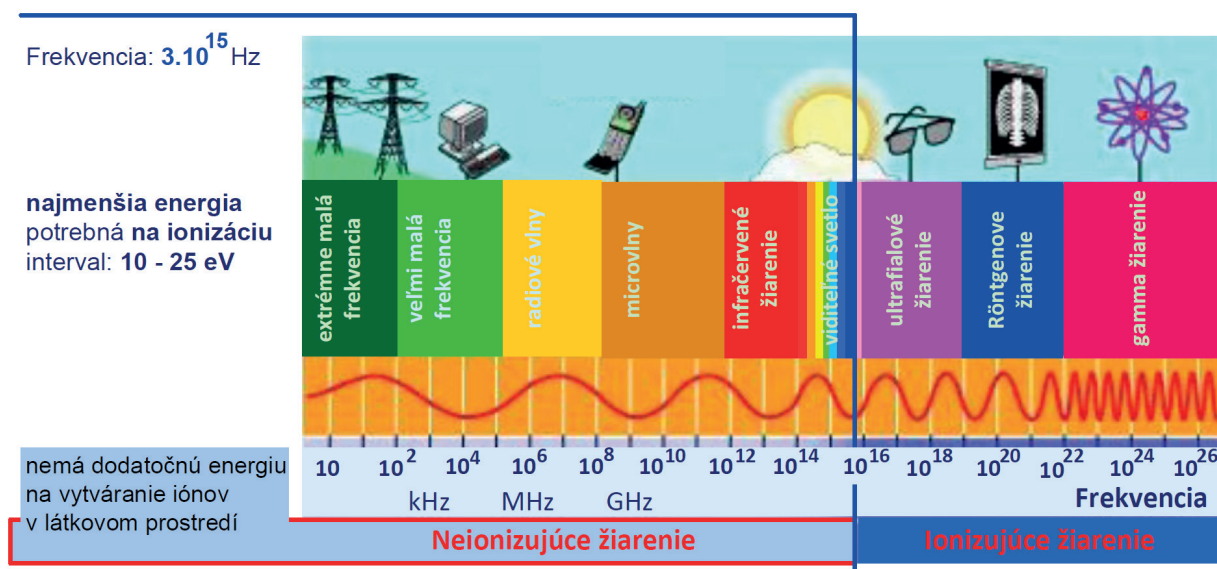
- **geometria situácie:** mám **žiarič** a **terč**

- žiarenie produkované prístrojom môžem žiarič zapnúť a vypnúť (vypnutý prístroj nie je žiaričom);
- ak je žiarenie produkované rádioaktívnou látkou, tu žiarenie nemôžem vypnúť – ide o permanentný žiarič, kde môžeme definovať polčas rozpadu – intenzita žiariča s časom klesá.

Tu pripomeňme situáciu: ak je pacientovi pri špeciálnych a opodstatnených medicínskych vyšetreniach aplikovaná rádioaktívna látka do tela, potom sa pacient stáva žiaričom (je kontaminovaný) na dobu pokiaľ látka z jeho tela nie je vylúčená, resp. sa nerozpadne.

- **fyzika – pôvod žiarenia:**

V snahe dosiahnuť energeticky výhodnú „pozíciu“ niektoré látky emitujú žiarenie časticovej povahy (príklad alfa, beta) alebo povahy elektromagnetického vlnenia (gama žiarenie). Prvé dve spomenuté typy žiarenia majú elektrický náboj a majú hmotnosť – ide o častice. Gama žiarenie je reprezentant elektromagnetického vlnenia. Vlnenie nemá hmotnosť, nemá elektrický náboj, je to periodický proces – vlnenie, ktorým sa v priestore šíri energia (charakterizované je vlnovou dĺžkou; periódou časovej opakovateľnosti; frekvenciou; vieme že platí frekvencia = 1/perióda). Najväčšiu energiu šíri gama žiarenie, ktoré sa prostredím šíri s najmenšou vlnovou dĺžkou. Najmenšiu energiu šíria rádiové vlny, ktoré sa šíria s najväčšou vlnovou dĺžkou. V závislosti od veľkosti danej energie môžeme definovať spôsob interakcie žiarenia s terčom umiestneným v prostredí, ako znázorňujeme na obrázku 37 predstavujúcom ionizujúce a neionizujúce žiarenie.



Obrázok 37 – elektromagnetické vlnenie – interakcie žiariča a terča – možnosti neionizujúceho žiarenia, ionizujúceho žiarenia

Motivácia ku kapitole – Vplyv ožarovania

- fyzikálne pojmy – čo sledujeme pri žiarení?
– čas – vzdialenosť – tienenie.

Sledujeme čas

- dobu expozície**, pri opakovanej expozícii sledujeme aj celkovú dobu všetkých expozícií. Pre porovnanie jedna jediná expozícia pri X-Ray vyšetrení (napríklad pľúc, kde z pohľadu dát získavame jeden 2D snímok) je časovo kratšia ako úhrnný čas expozície pri CT – sekvencnom snímaní (napríklad pre tvorbu 3D modelu srdca vďaka dátam získaným zo sekvencie na seba nadväzujúcich snímokov);
- v prípade permanentného žiariča definujeme pojem **polčas rozpadu**, uvedený parameter v nukleárnej medicíne je dôležitý pri zabezpečení prípravy a aplikácie rádioaktívneho traseru pacientovi;
- vo vzťahu k traseru pripomeňme dve skutočnosti:
 - dôležitosť výberu vhodného traseru s malým **polčasom rozpadu** (napríklad Tc – gama žiarič – technícium 6,02 hodín) a
 - dôležitosť algoritmu prípravy daného traseru v krokoch (u spomenutého Tc) ide:

Krok 1: Molybden 99 - beta rozpad s polčasom rozpadu 66 hodín na - Technícium 99 m;

Krok 2: Technícium 99 m - gama rozpad s polčasom rozpadu 6 hodín na - Technícium 99 - pri používaní gama kamery gama rozpad prebieha v tele pacienta;

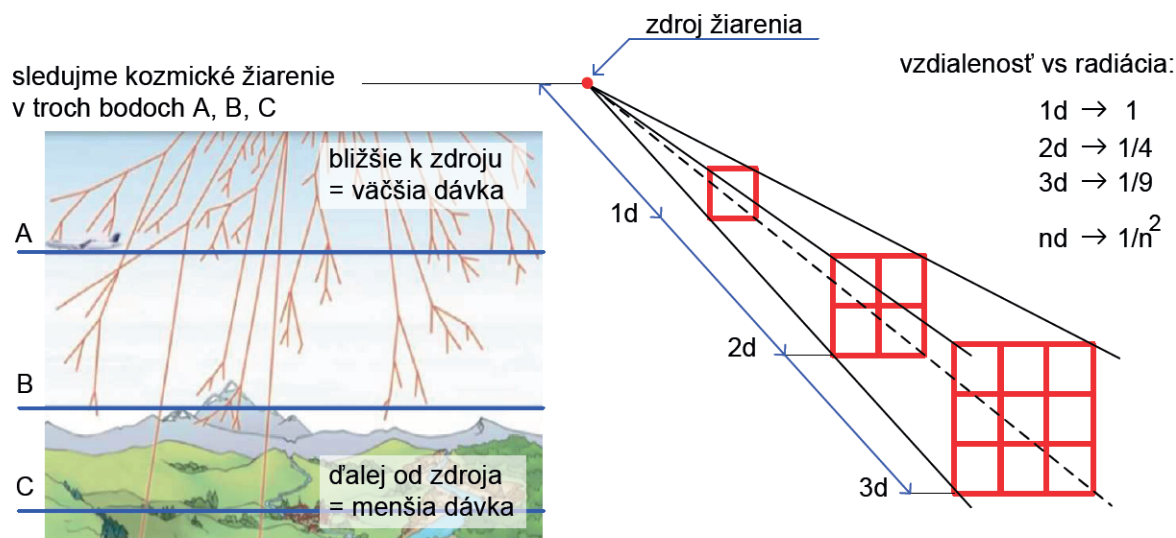
Krok 3: Technícium 99 - beta rozpad s veľmi dlhým polčasom rozpadu na - Ruthénium 99.

Požiadavky: Po diagnostickom zákroku treba zabezpečiť odstránenie rádiofarmaka.

Tu uvedené reflektuje v Mendeľevovej tabuľke prvkov umeštené prvky Mo, Tc, Ru;
- čitateľ sa stretne aj s pojmom **odozvy na ožarovanie** – časovo najkratšia je fyzikálna 10^{-13} až 10^{-14} s, nasleduje fyzikálno-chemická 10^{-10} s, chemická 10^{-6} s. Najdlhšou je biologická odozva na pôsobiacie žiarenie trvajúce hodiny, dni, mesiace, roky a prejavuje sa morfológickými a funkčnými zmenami v závislosti na parametroch pôsobiaceho žiarenia.

Sledujeme vzdialenosť

(so štvorcom vzdialenosti medzi žiaricom a terčom klesá intenzita žiarenia – znázornené na obrázku 38);

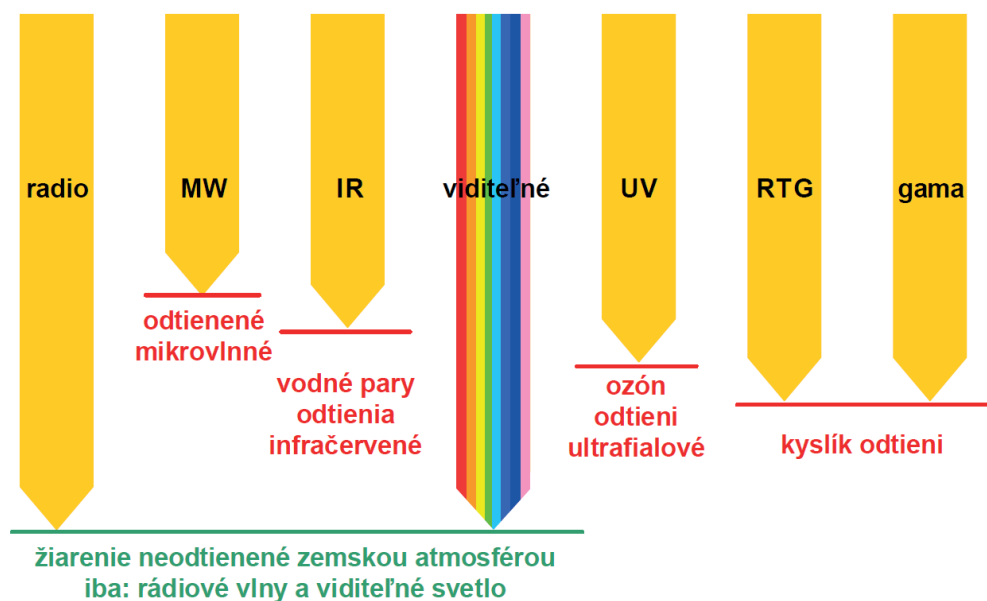


Obrázok 38 – žiarenie a vzdialenosť v schematickom obraze – intenzita žiarenia klesá so štvorcom vzdialenosti od žiaríča

Sledujeme tienenie

- príklad používania Pb tienenia v zdravotníctve, ako ochrana pred žiarením.

Ľudský organizmus je vystavený pôsobeniu elektromagnetického vlnenia a žiarenia – príklad kozmické žiarenie, avšak práve nepoškodené životné prostredie má schopnosť napríklad odtieniť niektoré typy žiarenia, ako uvádzame na obrázku 39



Obrázok 39 – životné prostredie a elektromagnetické vlnenie

Tu pripomeňme súvis často spomínaného environmentálneho problému globálneho otepľovania a existencie ozónovej diery so žiarením – konkrétne **s ultrafialovým žiarením**.

Východiská:

- akékoľvek žiarenie – teda aj ultrafialové v sebe nesie energiu.
- žiaricom je aj slnko, terčom je zem.

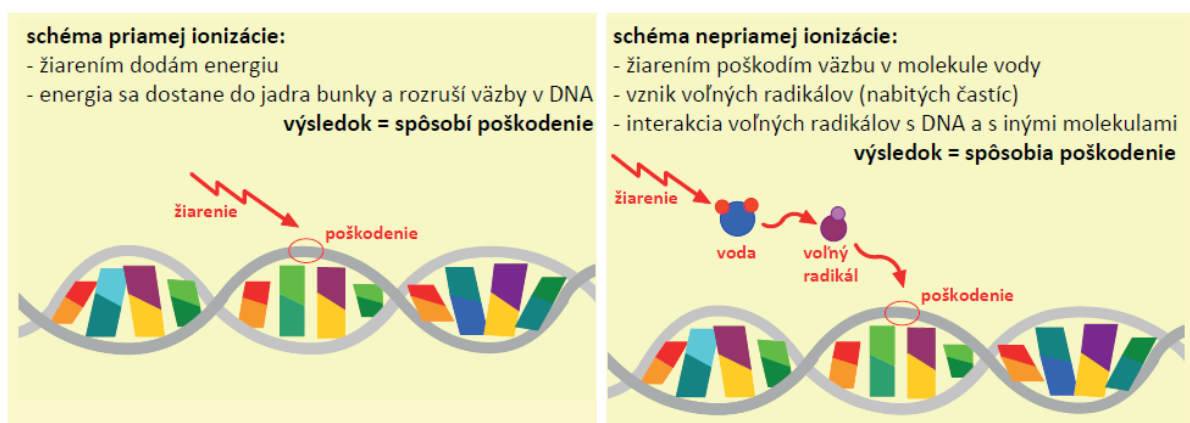
Dôsledok neexistencie tienenia **v danom mieste vo forme dostatočnej vrstvy ozónu**:

- prienik žiarenia a teda aj energie na Zem (v príslušnom perimetri, treba pamätať že žiarenie so zdroja sa šíri všetkými smermi). Tu hovoríme o tepelnej energii.

3.2. Interakcia žiarenia s organizmom

Na dodanie energie formou žiarenia je v ľudskom organizme najcitlivejšia bunka a v rámci samotnej bunky je najcitlivejšia DNA. Na obrázku 40 schematicky znázorňujeme (podobne ako v našich prácach Foltin 2018, 2020) dve možnosti interakcie žiarenia s DNA, definujeme tak:

- priamu ionizáciu,
- nepriamu ionizáciu.



Obrázok 40 – schematický náčrt poškodenia DNA

Samotná cielená deštrukcia bunky sa využíva pravé pri rakovinotvorných bunkách, ktoré je žiarenie schopné zničiť. Pre zdravie organizmu je prínosom zničenie „votrelcov“ v podobe spomenutých rakovinových buniek dobrá iba do tej miery pokiaľ nebudú poškodené zdravé bunky a zdravé tkanivo.

Pre prípravu a pre realizáciu medicínskeho zákroku pripomeňme dôležitosť už v prvej kapitole uvedených skutočností:

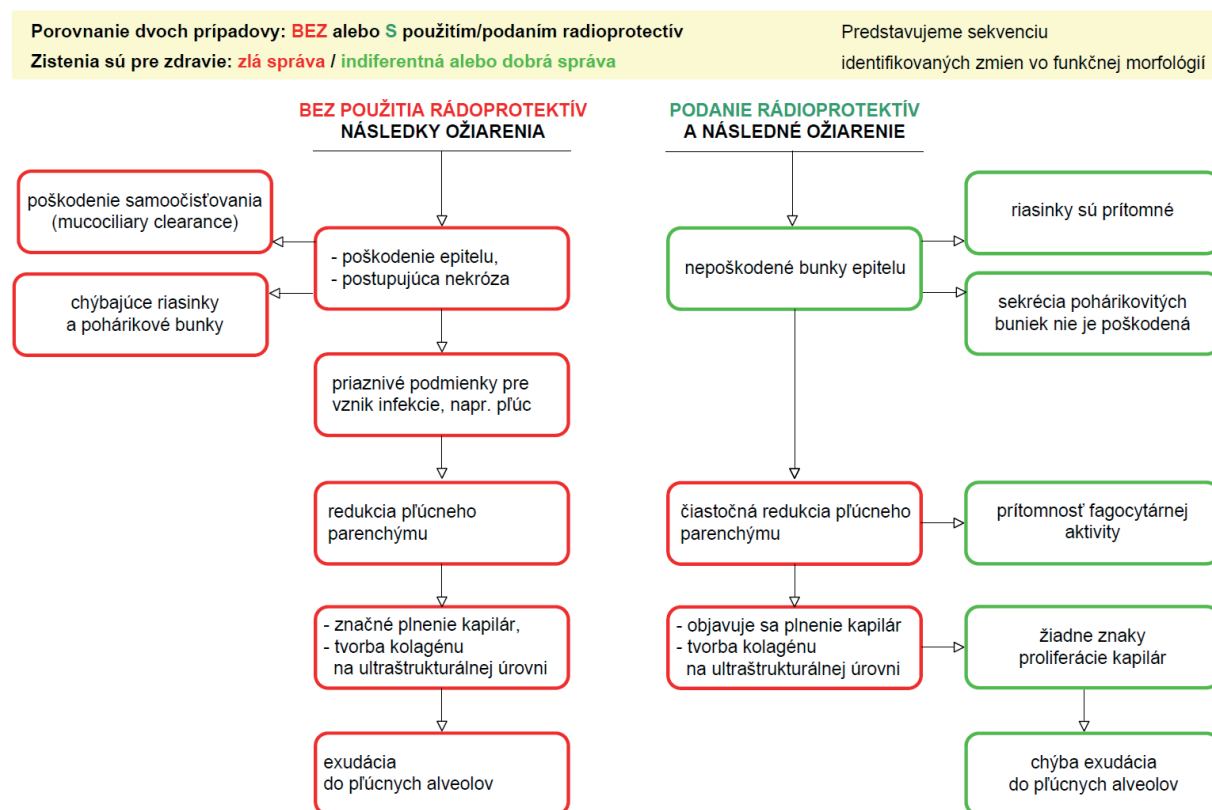
1. presnosť v súradniciach definujúcich pozíciu, ktorú treba žiarením zasiahnuť v čase, a
2. použiteľnosti matematického súčtu energii smerovaných z viacerých zdrojov do jedného bodu v jednom čase.

Pri predstavení základných pojmov sme pri definovaní vzdialenosti od zdroja uviedli v obrázku 38 kozmické žiarenie s poukazom troch bodov (lietadlo vo výške 10.000 m, vrchol končiara vo výška 2.000 m a rovina vo výške 0 m). Cestujúci v lietadle je v menšej vzdialenosti ku žiaricu kozmického žiarenia ako človek na zemi. Jeden z príkladov permanentného žiarica je radón – žiarenie prírodného pôvodu – plyn pochádzajúci z hornín – bez pachu, bez farby – sú známe prípady so zdravotnými ťažkosťami u pracovníkov v baniach v minulom tisícročí, keď ešte neboli dostatočne ventilované / odvetrávané bane a kedy v baniach neboli umiestnené detektory plynov. Tu uvedené potvrdzuje, že znalosť jednotlivých rizík otvára možnosti pre definovanie postupov pre elimináciu rizík.

K už spomenutému sledovaniu času, vzdialenosti a tienenia možno v rámci manažmentu biologickej odozvy na žiarenie heslovite pripomenúť:

• úlohu radioprotektívnych látok:

pri použití radioprotektív (najčastejšie ide o špeciálnym postupom vysyntetizované chemické látky, napríklad alpha-methyl-homocysteine thiolactone) následky použitia žiarenia, ako bolo publikované je možné znížiť, nie však úplne odstrániť. Na obrázku 41 predstavujeme v schematickom diagrame porovnanie sekvencie následkov vzniknutých po ožiarení v dvoch sledovaných prípadoch, ak radioprotektívna látka pred ožiarení bola alebo nebola použitá. Červenou farbou uvádzame zistenia predstavujúce pre zdravie „zlú správu“. Zelenou farbou uvádzame zistenia pre zdravie indiferentné, alebo predstavujúce „dobrú správu“.



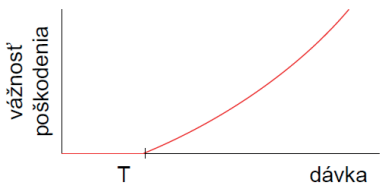
Obrázok 41 – porovnanie následkov po ožiarení ak bola alebo ak nebola použitá radioprotektívna látka – ilustrované na štúdií radiácie na vybrané mikroskopické štruktúry.

- **matematický pohľad na následky žiarenia:**

pri sledovaní účinku žiarenia na organizmus sa čitateľ stretne s dvoma prístupmi (uvednými na obrázku 42):

deterministický – sledujeme dávku

stochastický – sledujeme pravdepodobnosť

deterministický ... sledujem dávku	stochastický ... pravdepodobnosť
- vážnosť poškodenia vzrastá so vzrastom dávky - žiadny pozorovateľný účinok žiarenia pod prahovou dávkou (T)  - Príklady: katarakt, erythema, ...	- vážnosť poškodenia nezávisí od absolútnej dávky - poškodenie sa pri danej expozícii: - môže objaviť - nemusí objaviť - pravdepodobnosť výskytu poškodenia závisí od absolútnej dávky - Príklady: ožiarení vyvolaná rakovina
pojmy vyjadrujú vzťah dávky a poškodenia organizmu	

Obrázok 42 – vzťah dávky a poškodenia organizmu, porovnanie deterministického a stochastického prístupu

Na mieste sú dve otázky:

prvá – ak viem, že častá alebo nešetrná aplikácia žiarenia je pre organizmus rizikom, v čom je žiarenie tak dobré?

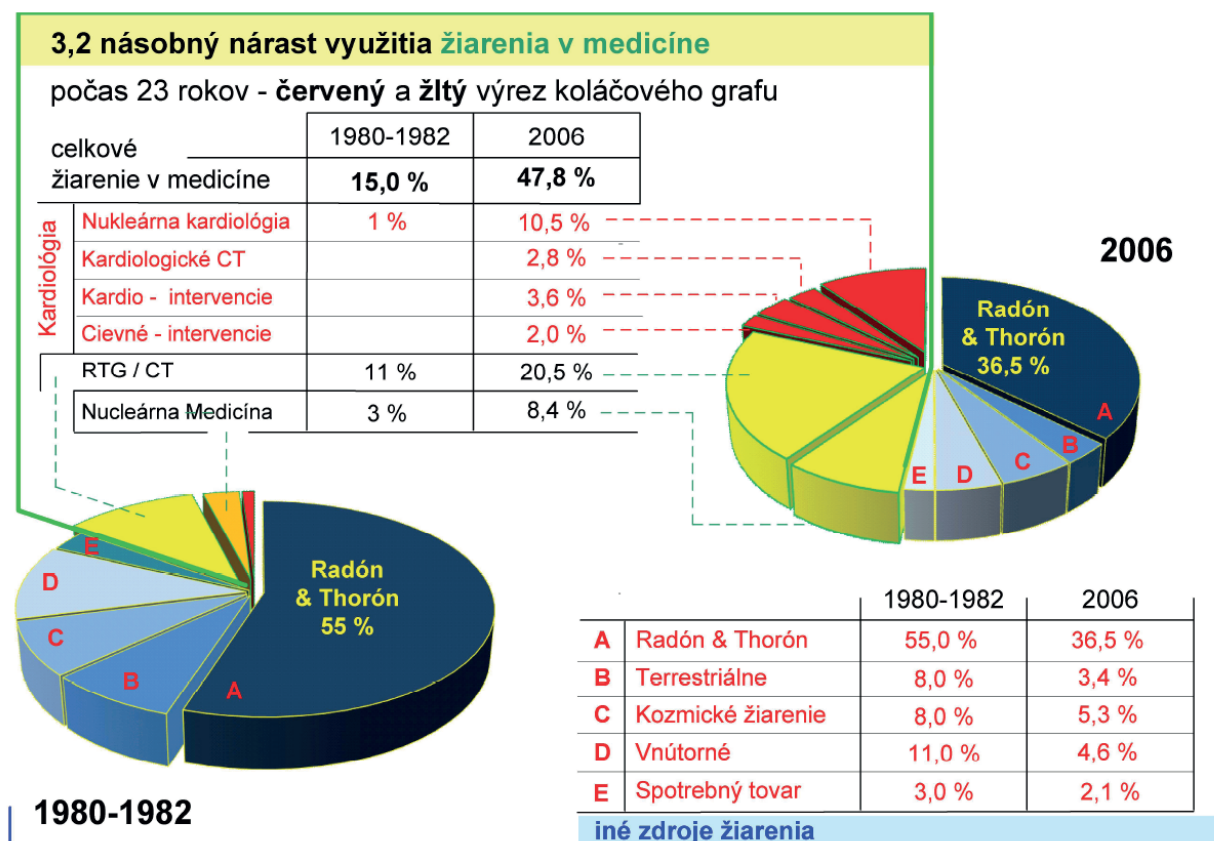
Odpoveď:

- v diagnostike ide o vizualizáciu - možnosť sledovať anatómiu a metabolické procesy bez potreby operačnej intervencie;
- v terapiách ide o elimináciu / zabránenie rastu nádorových buniek;
- pripomeňme ešte fluoroskopiou - použitie nonstop zapnutého rtg. prístroja zabezpečujúceho operatérovi vizualizáciu príslušného operačného poľa pri operačnom zákroku,

druhá – či sa s časom mení používanie žiarenia, ak áno – ako?

Odpoveď:

V publikácii *Effects of Radiation Exposure From Cardiac Imaging: How Good Are the Data?* z roku 2013 autor Andrew J Einstein predstavil porovnanie percentuálneho zastúpenia jednotlivých typov žiaričov, prítomných v životnom prostredí v dvoch časových obdobiach – v rokoch 1980 – 1982 a v roku 2006, ako znázorňujeme na obrázku 43. Poznamenajme, že pri porovnaní uvedených dvoch „koláčových“ grafov získavame / identifikujeme až 3,2 násobný nárast používania žiarenia v zdravotníctve za dobu 23 rokov. Z celkového 100% množstva žiarenia bolo v lekárskej praxi používaných: 15% v rokoch 1980 – 1982, a 45% v roku 2006, uvedené je znázornené súčtom žltých a červených „koláčov“ uvedeného grafu.



Obrázok 43 – žiarenie a ľudské činnosti v dvoch obdobiach:

Spolu 15 % žiarenia v medicíne... roky 1980-1982

Spolu 45 % žiarenia v medicíne... rok 2006

Inými slovami za 23 rokov 3,2 násobný nárast používania

žiarenia v zdravotníctve

Spracované podľa:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3272627/>

Z uvedeného grafického záznamu je vidno, že manažment používania žiarenia v medicínskej diagnostike a terapií si žiada svedomitý prístup v jeho aplikácií, vrátane presných dát o jeho použití (t.j. doba expozície, vzdialenosť medzi dvoma expozíciami, celková dávka, dávka pri jednotlivom použití).

Paralelne so záznamom o použití žiarenia pri diagnostike alebo terapií pacienta je nevyhnutné uvedené parametre sledovať aj u zdravotníckych pracovníkov – priamo alebo nepriamo pracujúcich s ionizujúcim žiarením.

3.3. Vybrané medicínske techniky využívajúce žiarenie

Základnú schému diagnostických zariadení uvedenú v 1 kapitole (obr. 19/str. 56, obr. 22/str. 59) doplníme o 6 vybraných techník (RTG, CT, SPECT, PET, Fluoroskopia, Gama kamera) využívaných v medicínskej praxi:

- **Absorbčné metódy: RTG a CT**

RTG – Röntgenové snímanie (X-ray), Detekuje sa utlmenie röntgenového žiarenia v kostiach a tkanivách. Získa sa tak vizualizácia anatomickej štruktúry.

CT – Computer Tomography (CT) – trojdimenzionálny X-ray, počítač zabezpečí hĺbkovú expozíciu a zber dát, tak aby zo získaných snímok v jednotlivých rezoch sledovanej štruktúry mohol skonštruovať / vytvoriť príslušný 3D obraz.

Pripomeňme:

- potrebu nižšej dávky žiarenia pri tvorbe jedného obrazu / expozície. Pri RTG v porovnaní nutnosti na seba nadväzujúcich expozícií v prípade CT – nevyhnutných na získanie dát pre konštrukciu 3D obrazu.
- pri uvedených metódach je zdravotnícky pracovník pred expozíciou žiarenia ochránený, nachádza sa mimo dosahu prístroja v čase expozície.

- **Emisné metódy: SPECT a PET**

SPECT – Single Photon Emission Computer Tomography rádioaktívny tracer aplikuje zdravotnícky pracovník do krvi pacienta. Tento tracer sa v tele pacienta dočasne zabuduje viac do tkanív určitého druhu než do iných tkanív, napríklad do rakovinových nádorov snímaním fotónov gama žiarenia emitovaného rozpadajúcim sa izotopom v tom tracersi je možno detekovať tieto tkanivá. Detekuje sa žiarenie emitované tým rádioaktívnym tracerom.

PET – Pozitron Emission Tomography (PET) – podobná metóde SPECT no s vyšším rozlíšením, - používa sa tracer ktorý vyžaruje pozitronové častice beta plus – tie rýchlo anihilujú v kontakte s tkanivom a vyžiaru 2 fotóny gama žiarenia v opačných smeroch. Koreláciou týchto dvoch fotónov možno zistiť bod vyžiarovania s väčšou rozlišovacou schopnosťou než u metódy SPECT. Pripomeňme, že zdravotnícky pracovník pri príprave pacienta na vyšetrenia danými technikami priamo pracuje so žiaričom (tracerom), čo si vyžaduje dodržiavanie príslušných ochranných postupov.

- **Fluoroskopia** – do krvi pacienta sa zavedie kontrast ktorý nie je rádioaktívny. Telo sa ožiari Röntgenovým žiarením. Kontrast absorbuje to žiarenie a vyžiaru fotóny menšej vlnovej dĺžky, ktoré sa detekujú. Emisná metóda, no emisná je vyvolaná absorpciou Rtg žiarenia – nie rozpadom rádioaktívneho izotopu.

Pripomeňme: V operačnej miestnosti kde sa daná technika používa, s prítomných zdravotných pracovníkov, je žiarením (resp. odrazeným žiarením) najviac zasiahnutý hlavný operátor priamo pracujúci v operačnom poli - ktoré je non-stop ožarované Rtg lúčmi, tak aby bola zabezpečená vizualizácia vybranej plochy daného operačného poľa. Negatívne účinky žiarenia sa tu dajú zredukovať:

1. vhodným usporiadaným tieniacich komponent (mimo štandardnej Pb vesty zdravotníckych pracovníkov, Pb chráničov rúk operátora, používa sa tienenie nôh, tienenie očí),
2. zmenšením plochy sledovaného/exponovaného operačného poľa,
3. znížením počtu pulzov za sekundu pri online sledovaní operačného poľa.

• Gama kamera

Na strane 103 pri popise parametru čas sme spomenuli gama rozpad a vizualizáciu gama kamerou. Žiarič je umiestnený v tele pacienta, detektor (gama kamera) je mimo tela pacienta. Pripomeňme že gama žiarenie je elektromagnetické vlnenie – žiarenie veľkej energie (nemá hmotnosť, nemá elektrický náboj). Technická realizácia vizualizácie gama žiarenia je spojená s použitím sekvencie v tu uvedenom poradí troch komponentov:

- kolimátor na zisk „priameho obrazu“ a odstránenie vizuálneho šumu,
- scintilátor umožňuje „preklopenie fotónového signálu“ na elektrický signál s ktorým už vieme technicky pracovať,
- fotonásobič zosilňuje elektrický signál.

Takto získané dáta možno s použitím PC spracovať a získať príslušnú vizualizáciu.

• ALARA koncept

Predstavením vybraných techník poukazujeme na benefit žiarenia v medicínskej praxi, v prípade cieleného použitia, kde ale treba sústrediť pozornosť na ochranu pacienta, zdravotníckeho pracovníka ale i všeobecne na ochranu obyvateľstva pred žiarením.

Znalosť negatívneho účinku žiarenia motivuje k zdokonaľovaniu uvedených prístrojov a manuálov pre prácu a používanie rádioaktívnych materiálov/tracerov vrátane starostlivosti o pacienta a o zdravotníckeho pracovníka – ide o snahu pri najmenšej dávke žiarenia zaistiť maximálny účinok – koncept ALARA – as low as reasonable achievable.

Základným konceptom mimo sledovania času, vzdialenosti, tienenia je pri práci so žiarením striktné používanie dozimetrov, na presné určenie dávok. U operátora pri fluoroskopii sa napríklad používa séria minimálne dvoch dozimetrov (jeden je umiestnený pod a druhý nad Pb ochranným tieneným – vestou).

Príklad vplyvu žiarenia na zdravotníckeho pracovníka môžeme charakterizovať životným príbehom chirurga Edwarda B Dietricha, priekopníka v používaní fluoroskopie v kardiológii, ktorý v roku 1971 založil prvé hybridné operačné pracovisko v Arizona Health Institute. V roku 2016 prezentoval na príklade svojho zdravotného recordu účinky žiarenia v podobe diagnóz: nádor na pravej strane mozgu, obojstranná katarakta, sklerotické plaky v pravej artérii carotidy. Uvedené diagnózy sú výsledkom dlhodobej expozícií žiareniu počas jeho ca 40 ročnej praxe a následnej liečbe. Pre úplnosť v tabuľke uvádzame maximálnu povolenú dávku za 1 rok a za 5 rokov, ako aj typickú dávku pri fluoroskopii. Pripomeňme, že kumulatívna dávka ožiarenia zdravotníckych pracovníkov prichádzajúcich do styku s radiáciou nie je zanedbateľná v porovnaní s dovolenými limitmi.

Maximálna povolená dávka		1 rok	5 rokov
Stochastický efekt	celé telo	50 mSv	100 mSv
Deterministický efekt	oči	50 mSv	100 mSv
	koža	500 mSv	2500 mSv
	ruky, nohy	500 mSv	2500 mSv

Typická dávka pri fluoroskopii	mesiac	rok	kariéra
Operatér	0,45 mSv	5,40 mSv	108 mSv
Radiačný technik a sestra	0,31 mSv	4,50 mSv	45 mSv

3.4. Riziká spojené s používaním žiarenia

Žiarenie môže mať okamžité i dlhodobé vplyvy. Dlhodobé vplyvy zahŕňajú poškodenie imunitného systému a rakovinu. Už spomenuté poškodenie DNA sa môže prejavovať v nasledujúcich generáciách. Prv než budeme na mikroskopickom obraze prezentovať vybrané riziká použitia žiarenia, uveďme zhrňujúcu tabuľku rizík interakcie žiarenia s organizmom:

Typ efektu	Čas výskytu	Objekt výskytu	Poškodenie
Deterministický	Akútny efekt	Somatický vplyv	- kože - reprodukčného systému - systému krvotvorby - tráviaceho systému - nervového systému (CNS)
	Latentný efekt		- očí (katarakty) - imunitného systému
Stochastický			
		Genetický vplyv	- dedičné zmeny

Tabuľka rizík interakcie žiarenia s organizmom

Žiarenie a pľúca

Odpovedajme na otázku: Aký má ožiarenie vplyv na pľúca?

Tkanivo pľúc je tvorené z viac ako 40 typov buniek, kde väčšina z nich je pomerne rádiorezistentná (Sorokin, 1970). Pľúca ako komplexný orgán majú malú regeneračnú kapacitu, takže netolerujú vysoké dávky žiarenia a ich radiosenzitivita je hlavným limitujúcim faktorom pri rádioterapii hrudníka. Zmeny, ktoré v pľúcach po ožiarení vznikajú vedú k zhoršenej ventilácii a difúznej kapacite závisia od celkovej dávky, frakcionácie a ožiareného objemu.

Absorpcia ionizujúceho žiarenia zapríčiňuje okamžité biochemické, subcelulárne a bunkové poškodenie. Akútne radiačné poškodenie vzniká následkom zásahu do bunkovej ultraštruktúry, čo vedie k bunkovej smrti a zredukovania bunkových populácií. Celkové prejavy poruchy funkcie orgánu sú často značne oneskorené. Latentné obdobie medzi ožiarení a prejavom poškodenia orgánu je závislé na efektívnosti repopulácie jednotlivých tkanív tvoriacich pľúca. Reakcia pľúc na ožiarenie (vnútorné aj vonkajšie) je u človeka aj u experimentálnych zvierat podobná a vedie ku skorým a neskorým následkom. Údaje sa vzťahujú na vonkajšie ožiarenie jednou dávkou 8-20 Gy gama alebo rtg. žiarenia. Pri viacnásobnom ožarovaní malými frakciami musí byť pre dosiahnutie rovnakého účinku súčet dávok vyšší (Coggle et al, 1986, Haschek WK, Rousseaux CG 1991).

Vznikajú tri hlavné typy (Coggle et al, 1986, Haschek WK, Rousseaux CG, 1991, Lubec G 1996):

- akútna fáza – radiačná pneumónia – objavuje sa 6 mesiacov po ožiarení,
- neskorá fáza – radiačná fibróza – vzniká ako oneskorená akútna, alebo neskorá reakcia, objavuje sa asi 6 mesiacov až niekoľko rokov po ožiarení,
- kancerogenéza – niekoľko rokov až desaťročí po ožiarení.

Radiačná pneumónia je definovaná, ako exsudatívny zápal ktorý vzniká následkom ožiarenia. Môže byť rozdelená do niekoľkých fáz, ktoré sa navzájom prekrývajú:

1. Latentné obdobie trvá asi 4 týždne. Poškodenie nie je viditeľné v svetelnom mikroskope, neprejavujú sa typické zápalové reakcie. V tkanive prebiehajú ultraštrukturálne zmeny, ktoré predchádzajú celkovému histologickému a fyziologickému prejavu pneumónie. Následkom zmien v endotelových bunkách sa zvyšuje permeabilita kapilár (Moosavi et al 1974). Okrem toho dochádza k poškodeniu pneumocytov I. a II. typu (Adamson, 1970).
2. Exsudatívna fáza vzniká 3-8 týždňov po ožiarení. Je charakterizovaná depozitami bohatými na proteíny v alveoloch poškodených buniek epitelovej aj endotelovej výstelky. Pri menších dávkach (8-10 Gy) môže táto fáza chýbať. Zmeny sú obvyčajne viditeľné už po 30 dňoch a u niektorých pacientov sú spojené s tvorbou hyalínovej membrány (Coggle et al. 1986).
3. Fáza akútnej pneumónie sa objavuje 2-6 mesiacov po ožiarení. Charakteristickým histologickým znakom tohto štádia je zápal a opuch v alveolárnych priestoroch a septách. Vyskytuje sa u experimentálnych zvierat aj u ľudí. Ide vlastne o intersticiálnu pneumóniu charakterizovanú zvýšeným počtom mononukleárných zápalových buniek a makrofágov v alveolárnych septách a akumuláciou fibrínu v alveolách. K typickým príznakom objavujúcim sa u pacientov, ktorí podstúpili ožarovanie hrudníka, sú neproduktívny dráždivý kašeľ, horúčka, skrátenie dýchania, bolesť pri dýchaní a dušnosť. Symptómy sa objavujú asi u 10% pacientov, ktorí dostávajú štandardnú frakcionovanú terapiu ožiareními tretiny až polovice jedného pľuca celkovou dávkou 40 Gy počas 4-6 týždňov.

Akútne následky vznikajú hlavne na základe poškodenie pneumocytov II. typu a endotelových buniek kapilár. Ak je regenerácia parenchýmu nedostatočná, dochádza k vzniku pľúcnej fibrózy.

Neskorá alebo chronická fáza vzniká po 6-12 mesiacoch. Je charakterizovaná reparačnou proliferáciou buniek septa a alveolárnych buniek. Dochádza k zvýšeniu množstva vlákien spojivového tkaniva v alveolárnych štruktúrach, ktoré je viditeľné v svetelnom mikroskope. Predpokladá sa, že podkladom ďalších zmien je poškodenie kapilár a presakovanie ich steny intersticiálne aj na povrch alveol. Iné štúdie zdôrazňujú primárne poškodenie pneumocytov II. typu spojené s poruchou ich funkcie – zmenou hladiny fosfolipidov surfaktantu, čo je antia-telektatický faktor. Ďalšou možnosťou je, že primárnym poškodením je nekróza a odlupovanie pneumocytov I. typu, ktoré zanechajú odhalenú bazálnu membránu a tzv. bunkový odpad.

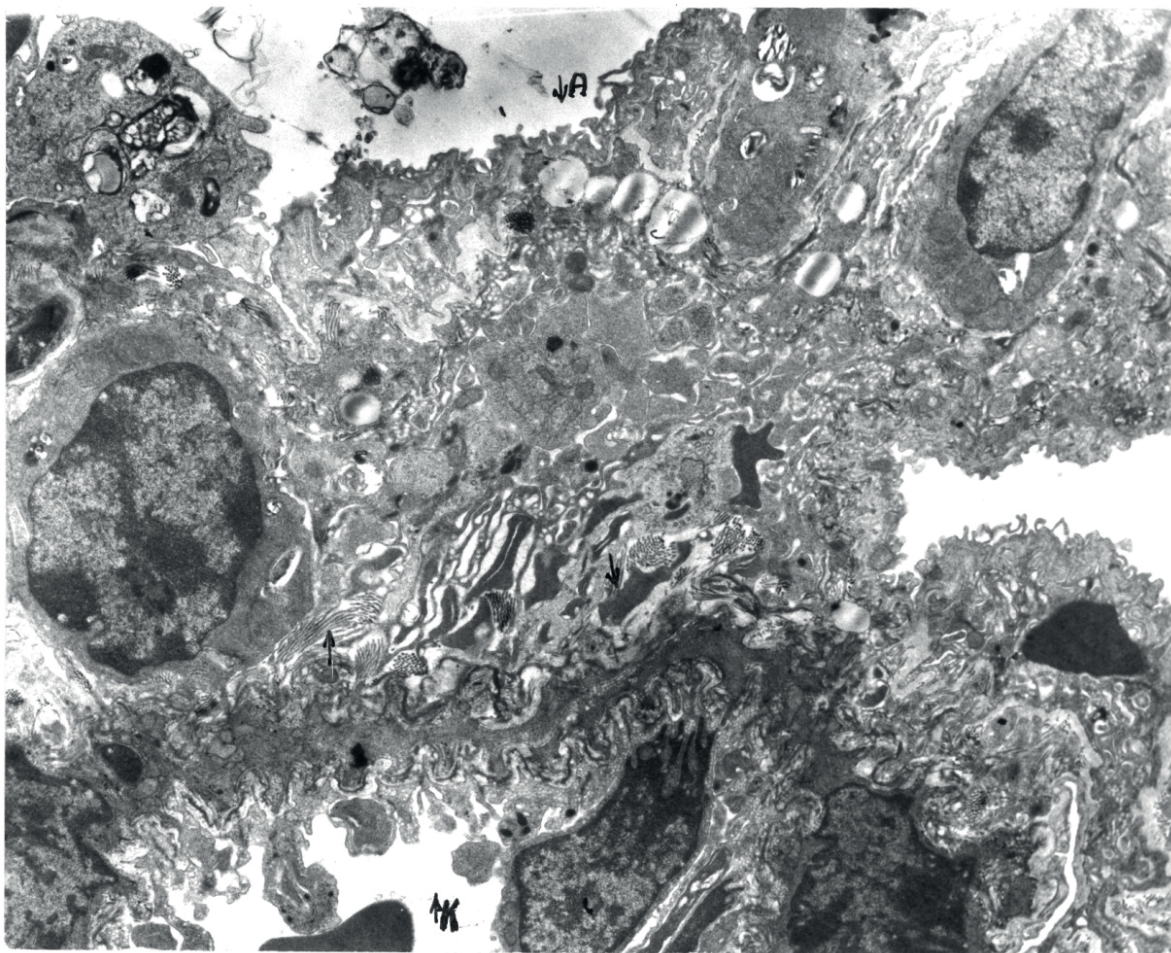
Niektoré zmeny spôsobené ožiareními sa hoja fibrotickou jazvou. Proces hojenia v tkanivách, ktoré boli ožiarené, je aktivovaný aj niekoľko rokov a fibrotické jazvy sú tvorené nepravidelne usporiadanými kolagénovými vláknami. U človeka sa značná fibróza objavuje pri dávkach väčších ako 20 – 30 Gy. Ľahkú fibrózu možno pozorovať už pri dávke 5 Gy (Haschek WK, Rousseaux CG, 1991). Fibróza v stene alveolárno-kapilárnej bariéry spôsobuje jej hrubnutie a redukcii funkčného povrchu, následkom čoho je poškodená výmena plynov. Porucha prenosu kyslíka cez alveolárno-kapilárnu membránu sa následne prejaví parciálnou respiračnou insuficienciou.

Úloha fibroblastou

Fibroblasty vytvárajú spolu s ostatnými bunkami a medzibunkovou hmotou väzivo. Väzivo je spojivé tkanivo, ktoré v ľudskom tele zodpovedá za mnohé funkcie. Tvorí hrubú a jemnú strómu orgánov, je miestom na výmenu substancií medzi krvou a tkanivami, jeho bunky tvoria súčasť imunitného systému organizmu a je zdrojom bunkového materiálu na hojenie rán. Bunky väziva sú fixné a voľné. K voľným bunkám patria histiocyty (makrofágy), žírne bunky, plazmatické bunky a z krvných buniek lymfocyty, monocyty, neutrofilné a eozinofilné bazofilné granulocyty. Fixné bunky väziva sú fibroblasty, fibrocyty, retikulárne bunky, pigmentové a tukové bunky. Základná hmota väziva je amorfná a vláknitá. Vlákna poznáme kolagénové, elastické a retikulárne, uložené v základnej amorfnej hmote.

Fibroblasty sú bunky vretenovitého, alebo hviezdicovitého tvaru s plochými dlhými výbežkami, ktoré sa miestami prikladajú na povrch kolagénových vlákien. Intracytoplazmatická štruktúra fibroblastu sa dynamicky mení v závislosti od funkčného stavu bunky. Napríklad poškodením integrity povrchu tela alebo orgánov, teda pri vzniku rán dochádza v procese hojenia k zväčšeniu tela fibroblastu, jeho cytoplazma je intenzívne bazofilná. Fibroblasty vytvárajú prekursorov vláknitej a amorfnej základnej hmoty. Syntéza peptidových reťazcov prebieha v granulovanom endoplazmatickom retikule, polysacharidová časť je tvorená v Golgiho aparáte. Molekuly tropokolagénu vytvorené v bunke sú vylučované do medzibunkových priestorov, kde vo vytvorenej matrixi polymerizujú ako tropokolagénové protofibrily (Foltin et al., 2016). Schematické usporiadanie fibroblastov a kolagénových vlákien v riedkom kolagénovom väzive spolu s jeho ďalšími súčasťami znázorňuje obrázok 44. Ožarovanie pôsobí na fibroblast dráždivo. Napríklad pri intraoperačnej rádioterapii dochádza k zvýšenej tvorbe kolagénových vlákien i na miestach, kde je to nežiaduce.

Prolifерácia väziva potom vedie k redukcii funkčného povrchu a tým k zníženej výkonnosti ožiareného orgánu. Výstižnou dokumentáciou procesu je proliferácia väziva v pľúcach experimentálnych zvierat (myši BALB/c), ktorá vzniká po ich ožiarení. Zachovanie vzdušnosti pľúc je jedna zo základných požiadaviek pre funkciu tohto orgánu. Po ožiarení sú pľúcne alveoly vyplnené väzivom a vzniká redukcia funkcie parenchýmu. Dochádza k hrubnutiu alveolárno-kapilárnej bariéry, čím je zasiahnutý transport O_2 a CO_2 . Následky viditeľné na mikroskopickú úroveň, ktoré sú vyvolané ožiarением, sú súčasťou celkových postradiačných komplikácií.

Vybrané zistenia v elektrónovomikroskopickom obraze**Obrázok 44** – pľúca po ožiarení – zistenie:

zmnoženie kolagénových vlákien, neadekvátne aplikovaným žiarením sú dráždené fibroblasty ktoré vedú k zmnoženiu kolagénového väziva a tým k redukcii funkcie zdatného parenchýmu - dochádza k zmnoženiu kapilar ktore sú vyplnené mäst-najúcou krvou, ktorá je ukážkou nedostatku prísunu kyslíka k tkanivam na periferii.

Zväcsenie 20000x v TEM

Podrobnejší popis:

Pri používaní neadekvátnej dávky žiarenia dochádza k väzivovej prestavbe alveolarno-kapilarnej bariéry. Toto predstavuje vážnu zmenu v mikroskopickej štruktúre ožiarenej časti pľúc. Je to priestor kde sa uskutočňuje mechanizmus alveolárnej fázy samoočisťovania. Zmnožené kolagénove väzivo tvorí prekážku pre výmenu plynov, penetráciu alveolárnych makrofágov, pôsobi tlakom na kapilárnu sieť. V kapilárach krv mästná-stagnuje dochádza k proliferácii kapilar ako odpoveď na kyslíkový dlh nežiaduci pre výživu tkanív. Tato proliferácia alveolarno-kapilárnej bariéry dobre vynikne v TEM. Zmeny mikroskopickej štruktúry alveolarno-kapilarnej bariéry sa premietnu i do respirabilnej plochy pľúc.

Literatúra

1. **Adamson IYR**, Bowden DH, Wyatt JP: A pathway to pulmonary fibrosis: an ultrastructural study of mouse and rat following radiation to whole body and hemithorax. In Am. J. Pathol. 1970, vol. 58, 481-498
2. **Al Kindi GY**, Al-Haidri HA: Indoor Air Quality, Health Effects Resulting from Coffee Shops Smoke – Review. In Ecological Engineering & Environmental Technology 2023, 24(2), 67–78, <https://doi.org/10.12912/27197050/156975>
3. **Almeida GRC**, Sousa Guerra C, Angelo Souza Leite G, Carros Antonio R, Barbosa F Jr., Tanus-Santos JE, Gerlach RF: Lead contents in the surface enamel of primary and permanent teeth, whole blood, serum, and saliva of 6- to 8-year old children In: The Science of the Total Environment 2011, 409 (10), 1799-1805.
4. **Annest JL**, Pirkle JL, Makuc D, Neese JW, Bayse DD, Kovar MG: Chronological Trend in Blood Lead Levels between 1976 and 1980. The New England Journal of Medicine. (1983) 308, s.1373-1377
5. **Arrhenius S**: On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground. Philosophical Magazine and Journal of Science, Series 5, Volume 41, April 1896, pages 237-276.
6. **Baglan RJ**, Brill AB, Schultert A, Wilson D, Larsen K, Dyer N, Mansour M, Schaffner W, Hoffman L, Davies J. Utility of placental tissue as an indicator of trace element exposure to adult and fetus. Environ Res. 1997; 8: 64-70.
7. **Bailey RA**, Clark HM, Ferris JP, Krause S, Strong RL. Chemistry of environment. Academic Press; San Diego: 2002, 1-835
8. **Ball P.**: H₂O A Biography of water, Weidenfeld & Nicolson, London, 1999, 1-398
9. **Baranowski J**, Norska-Boróvka I. Determination of lead and cadmium in placenta, umbilical cord blood using pulse differential polarography. Metal Ions Biol Med. 1996; 4: 654.
10. **Barltrop D**. (1969) Transfer of lead to the human fetus. In: D. Barltrop and W.L. Barland (Eds) *Mineral Metabolism in Pediatrics*, Davis, Philadelphia, pp. 135–151.
11. **Bernal J**, Lee JH, Cribbs LL, Perez-Reyes E. 1997. Full Reversal of Pb⁺⁺ Block of L-Type Ca⁺⁺ Channels Requires Treatment with Heavy Metal Antidotes. In Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics, 282 (1) 172-180;
12. **Bentley FF**, Smithson LD, Rozek AL. Infrared spectra and characteristic frequencies 700-300 cm⁻¹. Interscience Publishers a division of John Wiley & Sons; New York. 1968.
13. **Bergmann M**, Mutzel S, Primpke S, Tekman MB, Trachsel J, Gerdt G: White and wonderful? Microplastic prevail in snow from the Alps to the Arctic. In Science Advances 2019, 5, eaaxx1157, 1-10
14. **Braun GL.**, Priel Z., Roth Y., Liron N., Ostfeld E.: Cilia, Mucus and Mucociliary Interactions. New York, Marcel Dekker, 1-300, 1998.
15. **Cagle DW**, Kennel SJ, Mirzadeh S, Alford JM, Wilson LJ. In vivo studies of fullerene-based materials using endohedral metallofullerene radiotracers. Proc Nat Acad Sci USA. 1999; 96: 5182-5187.
16. **Cavalieri S**. Lecture: Linking climate, health & air quality: Monitoring the shift to renewable energy. Climate & Clean air coalition. BreatheLife2030.org
17. **Cropper JR**. Sensitivity, Specificity, Positive predictive value and Negative predictive value an Introduction - Lectures at Sinclair Community College, Dayton, Ohio,
18. **Čihák R**. 2002: Anatomie 2, Grada publ. Praha, 2 revidované vydanie, 1-488
19. **Diethrich EB**, Phoenix, Arizona, Fluoroscopy – invited lecture on 17th Annual Conference - New Cardiovascular Horizons 2016.
20. **Doshi JA**, Hodgkins P, Kahle JS, Sikirica V, Cangelosi MJ, Setyawan J, Erder MH, Neumann PJ. 2012. The Hidden Costs of Attention Deficit / Hyperactivity Disorder: A Focus on School and Work in the United States, 165th Annual American Psychiatry Association meeting on May 5-9, 2012 in Philadelphia PA, USA, Poster NR 4-19
21. **Dietrich A**, Foltin V, West D: Hospital Utilization Trends in Selected New EU Member States. In: Clinical Social Work and Health Intervention. -Viedeň (Rakúsko): Gesellschaft für angewandte Präventionsmedizin, 2020, Vol. 11, Nr. 2 s.12-18
22. **Dinkel J**, Hansen A, Baumgartel, Alfred M, Deaconu D, Tvrdon M, Aghili R, Mirwald A: One of major WHO concerns for cancer and cardiovascular mortality is inadequate dental health worldwide.

In: Acta Chemotherapeutica 2022, Vol. 31, Iss 3, p 7-8

23. **Drtílková I.** Hyperkinetic child. All that you need to know about a child with hyperkinetic syndrome (ADHD). Galén; Praha; 2007.
24. **Drogovic D.** Lead in the blood of women in childbed, in the umbilical cord of newborn children and in placenta. Acta Biologiae et Medicinae Experimentalis. 1980; 5: 63-67.
25. **Einstein AJ.** Effect of radiation exposure from cardiac imaging. How good are the data. Journal of American College of Cardiology, 2012, New York, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3272627/>
26. **Esteban-Vasallo MD,** Aragonés N, Pollán M, López-Abente G, Pérez-Gómez B. Mercury, cadmium, and lead levels in human placenta: a systematic review. Environmental Health Perspectives 2012; 120 (10) 1369-77
27. **Egle PM** and Shelton KR: Chronic lead intoxication causes a brain-specific nuclear protein to accumulate in the nuclei of cells lining kidney tubules. Journal of Biological Chemistry 261:2294-2298, 1986
28. **Emami B:** Tolerance of normal tissue to therapeutic radiation. Reports of radiotherapy and oncology. 2013, 1, 1, 35-48.
29. **Emami B,** Lyman J, Brown A, Coia L, Goitein M, Munzenrider JE, Shank B, Solin LJ, Wesson M: Tolerance of normal tissue to therapeutic irradiation. Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. 1991, 21, 1, 109-122.
30. **Eroschenko VP.:** Atlas of Histology with functional correlations, 10th edition, Lippincott Williams and Wilkins 2005
31. **Foltin V.** Základy biológie pre zdravotnícke odbory časť 1. Bunka a životné prostredie. Vysoká škola zdravotníctva a sociálnej práce sv. Alžbety, Bratislava 2018, ISBN 978-80-8132-188-7, 1-82
32. **Foltin V.** Algoritmy pomoci v treťom tisícročí – dáta a akútne situácie a katastrofy, 8-19, kapitola monografie: Šramková M a kolektív, Akútne situácie a katastrofy v zdravotníckej a sociálnej práci, VŠZaSP sv. Alžbety, Bratislava 2018, ISBN 978-80-2388052-7, 1-198.
33. **Foltin V.** Natural gas hydrates – a promising fuel of the future Abstracts and presented papers, Twenty-Eight World Congress of SVU, The World in a Time of Change; Czechoslovak Society of Arts and Sciences, INC P. O.Box 34617, Bethesda, MD 20827, USA ISSN 0036-2050, (2016) 11–12.
34. **Foltin V.** Data based Public health – Lectures series at St. Elisabeth University Bratislava, 2023
35. **Foltin V,** Foltinová J, Neu E, Morvová M. Placenta – organ important for fetus and interesting for the rise of the the Attention Deficit Hyperactivity Disorder Syndrome – interdisciplinary study. Neuroendocrinology Letters. - Vol. 32, No. 1 (2011), s. 44-50
36. **Foltin V,** Foltinová J, Seidenbusch W, Neu E: Effect of industrial aerosols on the organism-Interdisciplinary study, In: Umweltmedizin in Forschung und Praxis. – Vol. 3, No. 4 (1998), s. 240
37. **Foltin V,** Rajzinger J: Drive towards environmentally friendly inhibitors for natural gas hydrate formation prevention. The Holistic Approach to Environment. – ISSN 1848-0071. – Vol. 4, No. 4 (2014), 145-151
38. **Foltinová J,** Schrott-Fischer A, Žilínek V, Foltin V, Freysinger W. Is the trachea a marker of the type of environmental pollution? Laryngoscope. 2002; 112: 713-720.
39. **Foltinová J,** Žilínek V, Lubec G. Alpha-methyl-homocysteine thiolactone protects trachea and lungs of BALB-c mice irradiated with 6Gy – A qualitative morphological study, Amino Acids, 1994, 7 (2) 211-221
40. **Foltinová J.:** Histológia pre poslucháčov biomedicínskej fyziky, Univerzita Komenského v Bratislave, 2003, 242
41. **Foltin V,** Schrott-Fischer A, Žilínek V, Freysinger W. Irradiation as a hazard for mucociliary clearance Neuro Endocrinol Lett. 2016; 37 (3): 217-225.
42. **Foltinová J,** Reichrtová E, Foltin V: Using of X-ray microanalysis in biologic monitoring of environmental pollution, In: Ekológia, ČSSR. – Roč. 7, č. 4 (1988), s 439-443.
43. **Foltinová J,** Foltin V, Šimera M, Morvová M, Neu E. Lead in placenta – hazardous prognosis for postnatal development of the child. Int J Prenatal and Perinatal Psychol and Medicine. 2006; 18: 19-26.
44. **Foltinová J,** Foltin V, Neu E. Occurrence of lead in placenta – important information for prenatal and postnatal development of child. Neuro Endocrinol Lett. 2007; 28: 335-340.
45. **Foltinová J,** Foltin V, Morvová M, Neu E, Šimera M. Placenta and umbilical cord blood deserve attention. Neuro Endocrinol Lett. 2010; 31: 47-55.

46. **Forster M**, a kol.: Indicators of Global Climate Change 2022: Annual update of large-scale indicators of the state of the climate system and the human influence. In: Earth System Science Data, 2023, Vol 15, Iss 6, p 2295-2327
47. **Freybergh P. F.** pozvaná prednáška na VŠZaSP sv. Alžebty v Bratislave - rok 2016
48. **Gillio-Meina, C.**, Zielke HR, Fraser DD.: Translational Research in Pediatrics IV: Solid Tissue Collection and Processing. In: Pediatrics, Vol. 137, No. 1, 2016, Art. No. e20150490
49. **Goyer RA.** Transplacental transport of lead. Environmental Health Perspectives. 1990; 89: 101-105.
50. **Goggle JE**, Lambert BE, Moores SR: Irradiation effects in the lung. Environ. Health Prospect, 1986, 70, 261-291.
51. **„Global**, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2015: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015“
52. **Guessous I.** lecture - Disease Screening in Public Health University of Geneva
53. **Haschek WM**, Rousseaux CG: Handbook of Toxicologic Pathology. San Diego, Academic Press, Inc. 1991, 1-1127
54. **Hollas JM.** Spectroscopy. John Wiley & Sons; Chichester, England; 2005.
55. **Chaplin M. F.** – lecture serie and proceedings – „Water structure and Science“, <https://water.lsbu.ac.uk/water/>
56. **Chew LT**, Bradley DA, Mohd AY, Jamil MM: Zinc, lead and copper in human teeth measured by induced coupled argon plasma atomic emission spectroscopy (ICP-AES) In: Applied Radiation and Isotopes. 2000 Oct-Nov; 53 (4-5); 633-638.
57. **Chhibber A**, Watanabe AH, Chaisai CH, Veettil SK, Chaiyakunapruk N. 2021. Global Economic Burden of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Systematic Review. In Pharmacoeconomics.39, 4, 399-420.
58. **Järup, L.** 2003. Hazards of heavy metal contamination. In British Medical Bulletin 68, 167-182
59. **Jeong HJ**, Nam H, Jang J, and Lee SJ: 3D Bioprinting Strategies for Regeneration of Functional Tubular Tissues and organs. In: Bioengineering 7 (2) 32, doi:10.3390/bioengineering7020032
60. **Kessi M**, Duan H, Xiong J, Chen B, He F, Yang L, Ma Y, Bamgbade OA, Peng J and Yin F (2022) Attention deficit/hyperactive disorder updates. Front. Mol. Neurosci. 15:925049. doi: 10.3389/fnmol.2022.925049
61. **Kelly FJ.** 2004. Dietary antioxidants and environmental stress. In Proc Nutr Soc, 63, 4, 579-585
62. **Kirgman, P.** Mushak, T. Bouldin, An appraisal of rodent models of lead encephalopathy, NeuroToxicology, January 1977
63. **Knowles MR**, Boucher RC. 2002. Mucus clearance as a primary innate defense mechanism for mammalian airways. In The Journal of Clinical Investigation. 109, 5, 571–577.
64. **Kurt OK**, Zhang J, Plnkerton KE. 2016. Pulmonary health effects of air pollution. In Curr Opin Pulm Med, 22, 2, 138-143.
65. **Krčméry V.** serie of lectures Tropicteam St. Elisabeth University Bratislava in time period 2015 - 2022
66. **Krištín J**, Bobák M. Elektrónovo optické metódy. Univerzita Komenského; Bratislava; 2005.
67. **Lafauconnier, J. M.**, Bernard, G., Mellerio, F., Seville, A., and Cesarini, E. Lead distribution in the nervous system of 8-month-old rats intoxicated since birth by lead. Experientia 39: 1983, 1030-1031).
68. **Lafond J**, Hamel A, Takser L, Villancourt C, Mergler D. Low environmental contamination by lead in pregnant women: Effect on calcium transfer in human placental syncytiotrophoblast. J Toxicol Environ Health A 2004; 67: 1069-1079.
69. **Lahdet EF**, Suserud BO, Jonsson A, Lundberg L: Analysis of triage worldwide. In: Emerg. Nurse 2009 (4), 16-19
70. **Lapin M:** Climate changes – series of lectures. Comenius University, Bratislava.
71. **Lindinger W.** 2001 – Symposium on Application of Plasma Processes, Tále 15.1-21. 1. 2001 - Invited lecture to PTRMS (zariadenie dnes vyrába Ionicon Analytic).
72. **Lubec G**, Foltinová J, Leplawy T, Mallinger R, Tichatschek E, Gethoff N. Alpha-methyl-homocysteine thiolactone protects lung of BALB/c mice irradiated with 6 Gy, Radiation Physics and Chemistry. - Vol. 47, No. 6 (1996), s. 855-858

73. **Mallory FB**, Parker F. (1939) Fixing and staining methods for lead and copper in tissues. *American Journal of Pathology* 16, s. 517-522
74. **Moosavi H**, McDonald S, Rubin P, Cooper R, Stuard ID, Penney D: Early radiation dose-response in lung: an ultrastructural study. In *Int. J. Radiat. Onc. Biol. Phys.* 1974, 2, 9-10, 921-931.
75. **Morvová M**. súkromné zdenie
76. **Motawei SM**, Sudha T, Yalcin M, Godugu K and Mousa SA: Lead-induced endothelial cell dysfunction: protective effect of sulfated non-anticoagulant low molecular weight heparin. In: *Toxicology and Environmental Health Sciences*, (2021) Vol. 13, 123-131
77. **McKinney SM**, Sieniek M, Godbole V et al.: International evaluation of an AI system for breast cancer screening, *Nature* 2020 Jan; 577 (7788): 89-94.
78. **Nakono T**, Otsuki T: Environmental air pollutants and the risk of cancer. *Gan To Kagaku Ryoho*, 2013 Nov; 40 (11), 1441-5.
79. **Nevin R**: Understanding international crime trends: The legacy of preschool lead exposure. *Environmental Research* 2007, Vol 104, Iss 3, 315-336
80. **O'Neill J**: The Review on Antimicrobial Resistance, Dec. 2014, HM Government
81. **ORSFI** – organisation for Occupational radiation Safety in Interventional Fluoroscopy – orsif.org
82. **Patterson CC**, Contaminated and Natural Lead Environments of Man. *Arch. Environ. Health* 1965, 11, 3, 344-360
83. **Patterson CC**, Chow TJ, Murozumi M: The Possibility of Measuring Variations in the Intensity of Worldwide lead Smelting during Medieval and Ancient Times Using Lead Aerosol Deposits in Polar Snow Strata. *Sci. Methods Mediev. Archaeol.* 1970, 339-350
84. **Pišút J**. – súkromné zdenie
85. **Rashidi M.**, Hossein R, Gharib, H. (2012). Air Pollution and death due to cardiovascular diseases. Case Study: Isfahan Province of Iran, *Air Pollution—A Comprehensive Perspective*, 1, 1_12. InTech Open, <http://dx.doi.org/10.5772/50416>
86. **Reichrtová E**, Dorciak F, Palkovičová L: Sites of lead and nickel accumulation in the placental tissue. *Hum Exp Toxicol* 1998, 17: 176-181.
87. **Ross MH**, Pawlina W: *Histology – A Text and Atlas With correlated cell and molecular biology*. 5th ed. Lippincott Williams & Wilkins, 2006, 1-906.
88. **Roux GL**, De Vleeschouwer F, Weiss D, Masson D, Pinelli E and Shotyk W: Learning from the Past: Fires, Architecture, and Environmental Lead Emissions. *Environ. Sci. Technol.* 2019, 53, 8482–8484
89. **Ruf M**, Morgan O, Mackenzie, 2017, Differences between screening and diagnostic tests and case finding
90. **Sample I**, The father of climate change, *The Guardian*, June 30, 2005
91. **Shiklomanov I.**: A world of Salt – Total Global Saltwater and freshwater Estimates, State Hydrological Institute (SHI, St. Petersburg) and United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO, Paris) 1999
92. **Simons TJB**: Cellular interaction between lead and calcium. *British Medical Bulletin*, 1986, 42, 4, 431-434
93. **Soong WT**, Chao KY, Jang CS, Wang JD. Long-term effects of increased lead absorption in intelligence of children. *Arch Environ Health.* 1999; 54: 297-301.
94. **Sorokin SP**: The cells of the lung In *Morphology of experimental Respiratory Carcinogenesis* (eds: P. Nettesheim, MG Hanna and JW Deatherage) US ERDA Symposium, Series 21, 1970, 3-41.
95. **Staudinger KC**, Roth VS. Occupational Lead Poisoning. *American Family Physician.* 1998, 57 (4): 719-726.
96. **Swensen, A.R.** – Birnbaum, H.G. – Secnik, K. – Marynchenko, M. – Greenberg, P. – Claxton, A. 2003. Attention-deficit/hyperactivity disorder: increased costs for patients and their families. In *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 42, 12, 1415-23.
97. **Šramková M** a kolektív. Akútne situácie a katastrofy v zdravotníckej a sociálnej práci. ISBN 978-80-569-0000-1, VŠZaSP sv. Alžbety, Bratislava 2018, 1-200, editori: Kmit I, Krčméry V, Foltin V.
98. **Thorn K**, Introduction to digital images, University of California, San Francisco, iBiology lectures

99. **Toews AD**, Kolber A, Hayard J, Kirgman MA and Mowel P (1978) Experimental lead encephalopathy in the suckling rat: concentration of lead in cellular fractions enriched in brain capillaries. *Brain Res.*, 147, 131-138
100. **Wilson LJ**, Cagle DW, Thrash TP, Kennel SJ, Mirzadeh S, Alford JM, Ehrhardt GJ. Metallofullerene drug design. *Coord Chem Rev.* 1999; 190-192: 199-207.
101. **Wolf LK**. The crimes of lead. *Chemical & Engineering News.* 2014; 92, 5, 27-29.
102. **Zagrodzki P**, Zamorska L, Borowski P: Metal (Cu, Zn, Fe, Pb) concentrations in human placentas. *Cent. Eur. J. Public Health* 2003, 11 (4), 187-191
103. **Youravong N**, Teanpaisan R, Noren JG, Robertson A, Dietz W, Odelius H, Dahlen G.: Chemical composition of enamel and dentine in primary teeth in children from Thailand exposed to lead. In: *The Science of the Total Environment* 2008 Jan 25; 389 (2-3); 253-258

Encykliky, Apoštolské listy a Biblické texty

- **Encyclical Letter Laudato Si** of the Holy Father Francis on the care for our common home, Vatican, May 24, 2015, Link: http://m.vatican.va/content/francescomobile/en/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si.html
- **Apostolic Exhortation Laudate Deum** of the Holy Father Francis to all people of good will on the climate crisis, Vatican, 2023, Link: https://www.vatican.va/content/francesco/en/apost_exhortations/documents/20231004-laudate-deum.html
- **Sväté písmo** Starého i Nového zákona, Spolok sv. Vojtecha, Trnava 2005, 1-2325, Biblické texty: Mt 25, 1-13; Lk 14, 28-30; 2 Moj. 15, 22-25.

Vybrané zdroje pre štátne dokumenty

- Zbierka zákonov SR
- Štandardné diagnostické a terapeutické postupy MZ SR
- Výročné správy Ministerstva životného prostredia SR

Vybrané dokumenty WHO a EU

- výročné správy o stave životného prostredia

Vybrané manuály a reporty

- Rapid testy – tri weblinky CDC a WHO pre simple rapid tests:
https://www.cdc.gov/malaria/malaria_worldwide/reduction/dx_rdt.html
<http://www.who.int/3by5/en/simplerapidassays.pdf>
<https://www.cdc.gov/hiv/pdf/testing/rapid-hiv-tests-non-clinical.pdf>
- Emergency response Guidebook 2016, p 1-398, spoločná publikácia: US Department of Transportation, Canada Transport
- Start triage vyvinutý by Newport Beach (CA.), Fire & Marine Department:
weblink <http://sc-ems.com/starttriage/StartTriage.pdf>
- A practical guide for health researchers - by Mahmoud F. Fathalla and Mohamed M.F. Fathalla. p. (WHO Regional Publications, Eastern Mediterranean Series; 30) ISBN 92-9021-363-9:
<https://www.who.int/publications/i/item/a-practical-guide-for-health-researchers>

Filmy

- **Capra F.** The Unchained Goddess. 1958, N.W.AYER & SON, INC. – Movies in series science on screen

Register

Symbols

1,5 °C 26, 27, 28
 2 °C 26, 27, 68
 3D 54, 101, 103
 3V 57
 3 µm 71
 5V 57
 Å 84
 µg/dL 78, 82

A

Absencia riasiniek 74
 Absorbčné metódy 109
 Adaptibilita 28, 93, 101
 ADHD 77, 78, 80, 86, 87
 Akcelerátory hardvérové 64
 Akceleruje riziko 28
 Akumulácia 91
 Akumulátory 72, 81
 Akútne 12, 17, 111, 112
 ALARA 110
 Algoritmus 14, 21, 22, 23, 47, 58, 59
 Alpský 93
 Alveolárne 71, 72, 75, 89, 90, 114
 Alveolárno-kapilárna bariéra 69
 Alveoly 89, 113
 Amorfná 90, 113
 AMR 34, 98
 Analýza
 diagnostická 16
 popisná 16
 prediktívna 16
 preskriptívna 16
 sentimentu 64
 SWOT 60
 Anomália vody 37
 Anomálie 61
 Arktída 96
 Arzén 74, 75
 Aspekt právny 61
 Aspekt procesný 20, 22, 38, 39
 Aspekt sociálny 32, 34
 Asymptomatický 43, 44
 Atmosférický 27, 40

B

Baktéria 72, 98
 Baníci 105
 Bariéra
 alveolárno-kapilárna 69
 trans-placentárna 76, 86

Behaviorálne riziko 25
 Benzín 78, 81, 87
 bezolovnatý 28, 78, 82
 olovnatý 78, 79, 82
 Bezkontaktné 26
 Big data 57, 62
 Binárny strom 21, 23
 Bioindikačná stanica 74, 75
 Biomarker 70, 73, 76, 81, 84
 Bite 58
 Bodová lokalizácia 17, 19
 Bolesť 17, 112
 Bronchiol 72
 Brownov molekulárny pohyb 71
 Bunky 37, 71, 76, 77, 86, 90, 105, 113
 Byte 58

C

Case control (prípadové) štúdie 53
 Cement 72, 90
 zubný 90
 Cementocyty 90
 Cieľ výskumu 51
 Cievy 54, 90
 CO₂ 40, 69, 101, 113
 Computer vision 64
 COVID-19 12, 19, 33, 34, 48, 96, 98
 CT-sken 61, 63, 64, 102, 103, 109

Č

Čas 12, 14, 15, 17, 19, 20, 21, 23, 25, 26, 29, 31, 33, 38, 46, 49, 73, 82, 93, 103, 106, 110
 Častice 40, 69, 71, 72, 75, 76, 93, 102, 109
 Červený 17, 49, 107
 Čína 96
 Činitele 36
 Čistiarnie odpadových vôd 28

D

Databáza 54, 85, 87
 Dávka olova 82
 Deduktívny prístup 52
 Dekontaminácia 38
 Dentín 90, 91, 92
 Depozície 71
 Depozit olova 77, 81
 Detektor 37, 56, 58, 59, 85, 105, 110

Determinanty zdravia 32, 34
 Deterministický 107
 Deti a olovo 82
 Dezertifikácia 37, 38
 Diagnostické techniky 93, 95, 101
 Diagnostický test 32, 43, 44
 Diagnóza 22, 34, 43, 44, 63, 67
 Difúzia 69, 77
 Digitalizácia obrazu 57
 DNA 62, 105, 111
 Dospelý a olovo 76
 Dostupnosť 19, 27
 Dotyk a citlivosť kože 38
 Dozimetrov 110
 Dráždivý kašeľ 112
 Dusík 40
 Dýchací systém 69, 70, 73
 Dýchanie 17, 38, 40, 72, 76

E

EBM 101
 Ebola 47
 EDS 84
 Ekonomická náročnosť 80
 Elektrický náboj 102, 110
 Elektrónový lúč 84
 Emisia 82, 109
 Emisné metódy 109
 Energetická hladina 84
 Energia 84, 85, 94, 102
 Epidémia 12, 19
 Epitel 71, 112
 Eradikácia 48
 Erytrocyt 86
 Európa 13, 27, 68, 82, 87, 96
 Experimentálna skupina 74, 75
 Exponenciálny nárast 48, 49
 Expozícia 29, 34, 41, 43, 53, 62, 67, 74, 82, 98, 101, 103, 108
 Expozičný čas 19
 Extrémne počasie 27

F

Faktor 14, 17, 21, 25, 28, 34, 36, 42, 44, 52, 62, 67, 69, 71, 73, 78, 79, 81, 93, 96, 97, 98, 101, 111, 112
 Falošná negativita 44
 Falošná pozitivita 44
 Fáza alveolárna 71
 Fáza tracheobronchiálna 71
 Fibrili kolagénové 90
 Fibroblasty 90, 113, 114

Fibróza radiačná 111
 F-I-N-E-R 50
 Fluoroskopia 56, 109
 Fotón 84, 101, 109, 110
 Frekvencia 62, 71, 102
 FT-IR Fourier transform infrared 85
 Funkcionalita 15

G

Gama žiarenie 102, 109, 110
 Generatívna umelá inteligencia 64
 Globálne otepľovanie 26, 27, 28, 98, 101, 105
 GPS 61
 GPU 64
 Gradient tlaku 40, 69

H

Heterogénny 90
 Histochemická lokalizácia olova 91
 História choroby 32
 Historické budovy 95
 Hladina olova 76, 77, 78, 81, 83
 Hofbauerove bunky 70, 86
 Holistická medicína 54, 61
 Hypotéza 51, 52

Ch

Charakteristický znak 112
 Charakteristika 27, 48, 50, 57
 Chatbot – ChatGPT 64
 Choroba - choroby 11, 27, 32, 39, 44, 45, 46, 47, 53, 63, 67, 69, 77, 80, 96, 98
 Chronické 17, 29, 112
 Chyby 12

I

IaaS - infrastructure as a service 30
 Identifikáciu 43, 85, 95
 II. typ 112
 Imunitný systém 33, 36, 98
 Incidencia 32, 43, 46
 Indikátory zdravia 34
 Induktívny prístup 52
 Inercia 71
 Inferencia 64
 Infračervené žiarenie 37, 85
 Infračervený spektrometer 37, 85
 Infraštruktúra 19, 60, 62, 82, 94
 infraštruktúru 60
 Inhalácia dymu / vzduchu 96
 Inhalátor smart 61

Iniciátor 14
 Inkubačná doba 11
 Inovácie v medicíne 54
 Insuficiencia 112
 Interpolátor 62
 Intervencia 17, 87
 Inverzia 40
 Ionizácia nepriama 105
 Ionizácia priama 105
 Ionizujúce žiarenie 33, 102, 103, 108, 111
 IR spektrometre 85
 I. Typ 112

J

Jadrová elektráreň 95, 97
 Jadrový odpad 95
 Jedinec / jedinci 24, 44, 46, 62, 63, 69, 76, 79, 81, 82, 87
 Jedinečný 26, 37
 Jednotlivé interakcie 17
 Jednotlivé situácie 50
 Jedy 33

K

Kapacita zdravotného systému 49
 Katalyzátor výfukových plynov 28
 Katióny olova 86
 Klimatické 26, 36
 Klimatický 28, 35, 37, 98
 Knižnica dát 14, 102
 Kohortová štúdia 51, 53
 Kolagénové fibrily 90
 Kolagénové väzivo 90, 114
 Kolagénové vlákna 112
 Komorbidít 70
 Kompatibilný - kompatibilita 16, 20, 30, 54
 Komunikovať 17
 Konať 17, 94, 98
 Koncept transformátora 64
 Konektivita 14, 15, 30
 Kontakt primárny 70, 81
 Kontaminácia 28, 36, 38, 39, 41, 96, 101
 priama 38
 sekundárna 36, 39
 Kontrolná skupina 74
 Konvulčné neurónové siete 64
 Konzília - konziliárne 59, 60
 Korelácia 13, 60, 64, 70, 109
 Kosť 54, 70, 77, 86, 89, 90, 109
 Kozmické žiarenie 104, 105
 Kozmický 15, 104

Koža 69, 77
 Kriminálne 79, 82, 87
 Krčméry 11, 12, 34, 68
 Krv
 matky 76, 86, 88
 plodu 76, 86
 pupočníková 70, 76, 84, 86, 87
 Krvná transfúzia 29
 Kvalitatívny výskum 34, 51, 52
 Kvantitatívny výskum 52
 Kyslík 40, 112, 114

L

Látky rádioprotektívne 106
 Lapin 27, 97
 Legislatíva 20, 21, 22, 28, 37, 39
 Lesy 42
 Letecky, Letecké spojenie 11, 95
 Liečba 29, 33, 46, 63, 87, 98, 101, 110
 Limity 15, 29, 41, 69, 82, 95, 110, 111
 Lipofilický kov 77, 81
 Lipoproteín 77, 81
 Lokalizácia bodová 17, 19
 Ľudský organizmus 14, 37, 81, 83, 97, 101, 128
 Ľudský život 13

M

Machine learning 61
 Makrofágy 72, 75, 113
 Matica rizika 24
 Maximálna povolená dávka 110
 Mental status 17
 Merateľné 95, 101
 Metabolické riziká 25
 Metabolitov výmena 76
 Metódy spracovania prirodzeného jazyka 64
 Mikroplasty 96
 Mineralizácia zbov 91
 Mineralizovaný 90
 Minerálny 36, 37
 Mliečny chrup 91
 Model halucinuje 64
 Monitoring 15, 19, 26, 32, 41, 43, 48, 60, 69, 93, 98
 Mŕtvica 67
 Mucociliary clearance 71, 72, 101
 Myelin 77, 81, 90
 Myslenie 12, 22, 62, 82

N

N₂ 40
 Následky 14, 24, 29, 63, 69, 73, 80, 87, 95, 97, 101, 106, 107, 112, 113
 Natural language processing 64
 Negativita 44, 53, 86
 Negatívny 44, 63, 82, 96, 98, 109
 Neinvazívne 14, 56, 83
 Neionizujúce žiarenie 102, 103
 Nekrotizuje 90
 Nekróza 112
 Nervová kontrola 71, 72
 Nervový systém 77
 Neštruktúrované dáta 57, 60
 Neurónové siete 62, 64
 NMR zobrazenie 56, 57
 NO₂ 96
 Notre Dame katedrála 95
 Nukleárna medicína 57, 103

O

O₂ 113
 Objem 14, 64, 111
 Očkovanie - vakcinácia 33
 Odontoblast 90, 92
 Odpad 15, 95
 Ochorenie pľúc 71
 Olovnatý benzín 82
 Olovo 76, 77, 81, 84, 86, 88, 91, 95
 Online 15, 17, 19, 20, 26, 30, 54, 56, 59, 93, 109

P

PaaS – platformas a service 30
 Pacient 14, 17, 19, 20, 22, 29, 44, 46, 48, 50, 54, 56, 57, 60, 61, 69, 80, 87, 94, 102, 103, 108, 110, 112
 Palivá 95
 Pandémia COVID-19 12, 19, 25, 33, 34, 48, 96, 98
 Paralelné spracovanie dát 21, 64
 Pb 40, 73, 80, 81, 87, 91, 95, 96, 104, 109, 110
 Perfúzia 17
 Permanentný 37, 102, 103, 105
 Personalizovaná medicína 54, 61
 PET scan 109
 Pixel 57, 58
 Placenta 70, 76, 77, 86, 88, 98
 Plánovanie 12, 17
 Plasty 96

Plazmatické bunky 90, 113
 Pľúca 26, 40, 54, 71, 72, 75, 76, 101, 111, 112, 113
 ochorenie 67
 rakovina 67
 tkanivo 71, 111
 Plynová chromatografia 93
 PM_{2,5} 40
 PM₁₀ 40
 Pneumocyty 112
 Pneumónia radiačná 111
 Počítačové videnie 64
 Pôda 26, 28, 32, 36, 38, 39, 41, 67, 72, 86, 95, 98
 Pohárikové bunky 71, 72
 Polčas rozpadu 19, 102, 103
 Potravinový reťazec 36, 38, 39, 98
 Pôvod žiarenia 102
 Povolená dávka maximálna 110
 Pozitivita 19, 44, 53, 59, 87, 88, 94
 Poznanie 12, 22, 51, 54, 81, 86
 Pozornostné vrstvy neurónových sietí 64
 Prach – prachový materiál 28, 39, 40, 69, 72, 75, 82, 96, 101
 Pravdepodobnosť 24, 29, 62, 70, 107
 Pravidelnosť expozície 62, 73
 Pravidlá 20, 21, 33, 37, 39, 40, 50, 59
 Pravidlá etické / princípy etické 21, 70
 Pravidlá logické 21, 51
 Prediktívna hodnota 45
 Predvídať 11, 17, 21, 32, 62, 80
 Prepis hovoreného slova 64
 Prevalencia 32, 43, 46
 Príčinné súvislosti 13
 Priestor 11, 14, 15, 17, 20, 31, 33, 36, 37, 40, 46, 57, 68, 69, 85, 102, 113, 114
 ohraničený 42
 otvorený 18
 uzavretý 17, 18, 40
 životný 36
 Primárny kontakt 70, 81
 Princíp 17, 22, 31, 36, 60, 69, 70, 85, 102
 Príznačky 11, 77, 112
 Proces jemného ladenia 64
 Procesný aspekt 20, 38, 39
 Procesor 14, 15, 64
 Procesor 12, 14, 15, 22, 33, 38, 39, 41, 50, 61, 64, 93
 Proces prenosu učenia 64

Profylaxia 33, 34, 47
 Proliferácia 71, 113
 Prompts 64
 Protijed 33
 Prúdenie vzduchu 96
 Prvá pomoc 17, 19
 Psychiatri 87
 PTRMS 26, 93
 Pulpa 90
 Pulpocyty 90

R

Radiačná
 fibróza 111
 pneumónia 111
 Rádioprotektívne látky 106
 Radiosenzitivita 111
 Rádioterapia 111, 113
 Rádiové vlny 102
 Radón 105
 Rakovina pľúc 67
 REM rastrovací elektrónový mikroskop 74, 75
 Retikulárne bunky 90, 113
 Rezák mliečneho chrupu 91
 Riasinky 71, 72
 Riziko 24, 25, 28, 29, 30, 33, 34, 36, 46, 67, 70, 80, 97, 98, 107
 behaviorálne 25
 enviromentálne 25, 95
 malé 24
 matabolické 25
 veľké 24, 28, 63
 Rozlíšenie 59, 63
 Rozlišovacia schopnosť 84, 86
 Rozpustnosť 38, 71, 73, 77, 96
 RTG 29, 54, 56, 63, 102, 107, 109, 111
 Rýchle/rapid testy 22, 94

S

SaaS – software as a service 30
 Samočisťovanie dýchacích ciest 69, 71, 74, 75
 Scenáre epidémie 48
 Segmentácia 64
 Sekvenčné spracovanie dát 21
 Senzitivita 32, 43, 77
 Senzory 14, 16
 Septy 112
 SIM 61
 Skládka odpadu 72
 Sklovina 90, 92
 Skríning 19, 32, 34, 43, 44, 46

Sledovať 17, 21, 26, 47, 48, 52, 60, 82, 107, 108
 Slnko 105
 Smart inhalátor 61
 Špecifická 39, 44, 46
 SPECT 109
 Spektroskopia infračervená 84, 86, 87, 96
 Spektrum 24, 82, 84, 85, 87, 93
 Spracovanie dát 15, 21, 28, 29, 51, 56, 61, 64, 93, 102
 Správa
 dobrá 78, 79, 81
 zlá 78, 79, 81
 Srdcové ochorenie 67
 Stochastický 107
 Striatum 77, 81
 Strojové učenie 21, 102
 Svetelný mikroskop 88, 101, 112
 Swot analýza 60
 Symptomatický 43, 44
 Symptómy 33, 112
 Synapsi 62
 Synaptická váha 62

Š

ŠDTP štandardné diagnostické a terapeutické postupy 14, 20, 22, 29
 Štádia ochorenia 32, 33
 Štandardy 13, 16, 19, 22, 39, 93
 Štruktúra 29, 50, 56, 64, 69, 71, 72, 73, 77, 83, 84, 86, 87, 89, 90, 92, 101, 102, 106, 109, 112, 114
 Štrukturálne zmeny 72, 73
 Štrukturálny obraz 73, 102
 Štrukturované dáta 57, 60

T

Ťažké kovy 40, 69, 76, 101, 128
 TBC - tuberkulóza 33
 TEM - transmisný elektrónový mikroskop 40, 75, 114
 Teplota 11, 14, 15, 26, 27, 28, 37, 38, 40, 60, 94, 95
 Terč - terčom 29, 102, 103, 104
 Test
 diagnostický 43, 44
 skriningový 32, 44, 46
 Tethraethyl lead 78
 Tienenie 19, 29, 33, 37, 73, 81, 82, 103, 104, 105, 109, 110

Tlak 14, 40, 69, 77, 93, 128
 Toxicita 63, 73, 77
 Tracer 19, 103, 109, 110
 Trachea 72, 76, 77
 Transplacentárny transport 70, 83
 Transport 69, 70, 71, 76, 77, 82, 86, 113
 Trénovanie 62, 64
 Triage 17, 18, 22
 Typická dávka pri fluoroskopii 110

U

Účinné / účinná 46, 47, 72, 77, 86, 87, 98
 Účinnosť 31, 98
 Účinok 33, 40, 110
 Úložisko dát 15, 20, 30, 60, 61
 Ultrafialové 84, 105
 Ultrazvuk 56, 57
 Umelá inteligencia 16, 20, 21, 31, 60, 61, 62, 63, 64, 102
 Uzavretý priestor 17, 19

V

Vakcína/vakcinácia 27, 33, 47, 98
 Vápnik/kalcium 86, 90
 Varovanie 67, 96, 98
 Väzivo 90, 113, 114
 Verejné zdravotníctvo 82, 96
 Vibračné 84, 85
 Viditeľné svetlo 112
 Virtuálny 21, 54
 Vizualizácia 54, 57, 69, 86, 91, 107, 109, 110
 Vnímavá populácia 47
 Vnútromaternicový vývoj 76
 Voda / vode / vody 13, 19, 26, 27, 28, 32, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 67, 71, 72, 77, 87, 90, 95, 96, 97
 Vodná para 37
 Vstup 21, 23, 45, 46
 Vstupné
 dáta 15, 26, 45, 51, 62, 82
 skutočnosti 22
 Vyliečenie 33, 46, 47
 Výmena metabolitov 76
 Výstup 15, 21, 23, 45, 46, 62
 Využitelnosť vôd 38
 Využitie územia 42
 Vývoj vnútromaternicový 76

Vzdelávanie 35, 60, 80, 98
 Vzdialenosť 19, 29, 73, 75, 77, 85, 86, 103, 104, 105, 108, 110
 Vzduch 26, 28, 32, 36, 39, 40, 41, 67, 68, 69, 71, 72, 77, 87, 95, 96
 Vzdušnosť pľúc 113
 Vzostupný nárast 24

W

WHO - World Health Organisation
 48, 50, 68, 72, 94, 95, 98

X

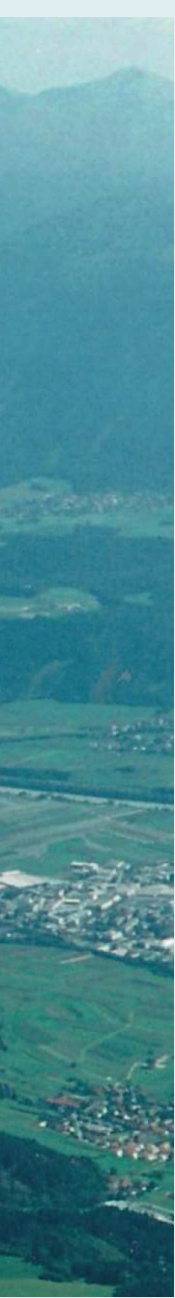
X-ray 29, 56, 63, 103, 109

Z

Zákon 21, 22, 34, 37, 39
 Zdravotná politika 49, 93
 Zdravotnícke disciplíny 24
 Zdravotnícky pracovníci 17, 29, 44, 60, 94, 108, 110
 zdravotníctvo 61, 63, 67, 70, 80, 82, 94 - 98, 101, 104, 107, 108
 Zelený 17
 ZetaBajte 20
 Znečistenie 11, 13, 36, 38, 41, 62, 63, 69, 72, 73, 76, 77, 86, 87, 95, 96, 98, 101
 Znížiť 11, 40, 75, 106
 Zub 70, 89, 90, 91, 98
 Zubná dreň 90, 92
 Zubné implantáty 54
 Zubný cement 89, 90
 Zväčšenie 40, 46, 74, 75, 84, 88, 91, 92, 92, 101, 114

Ž

Žiarenie 29, 33, 37, 42, 57, 69, 81, 84, 85, 98, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108, 110, 111, 114, 128
 Žiarič 29, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 109, 110
 Životné prostredie 11, 13, 14, 16, 19, 21, 26, 32, 34, 37, 38, 39, 41, 47, 62, 63, 67, 69, 70, 71, 72, 73, 76, 77, 78, 79, 81, 87, 93, 95, 96, 97, 99, 102, 104, 107, 128
 Životný štýl 14, 34, 78, 96, 98



Životopis autora

Viktor Foltin – docent verejného zdravotníctva na Vysokej škole zdravotníctva a sociálnej práce sv. Alžbety, obdržal Magisterský titul z fyziky na Univerzite Komenského v Bratislave a Magisterský titul z teológie na Katolíckej univerzite v Ružomberku. Po špecializačnom štúdiu na Vysokej škole zdravotníctva a sociálnej práce sv. Alžbety mu bol udelený titul MPH. Doktorandské štúdium z fyziky absolvoval na Leopold-Franzens Universität Innsbruck v Spolkovej republike Rakúsko. Prezídiom Slovenskej akadémie vied mu bol udelený vedecko-kvalifikačný stupeň IIa. Na základe habilitačného konania v študijnom odbore verejné zdravotníctvo mu bol vedeckou radou Vysokej školy zdravotníctva a sociálnej práce sv. Alžbety udelený vedecko-pedagogický titul docent. Na základe výberového konania bol zaradený na funkčné miesto profesor. Ako post-doktorand pracoval na Leopold-Franzens Universität Innsbruck, Rakúsko a na Colorado State University, USA kde prevádzal výskum stability C_{60} klastrov a laser indukovanej spektroskopie radikálov. Jeho ďalšie práce zahŕňajú výskum vysokoteplotnej supravodivosti, hydrátov zemného plynu a štúdiá plazmových výbojov pri atmosférickom tlaku. Tiež absolvoval manažérsky kurz na City University Bratislava-Open University. Súčasne prevádza výskum vplyvu životného prostredia a biomedicínskej fyziky so zameraním na ťažké kovy, žiarenia, implantáty a ich vplyv na biologické tkanivá a ľudský organizmus. Má viac ako 30 ročnú vedeckú prax, je autorom a spoluautorom viacerých výskumných projektov a samostatným autorom zahraničnej monografie. Je tiež autorom viacerých vedeckých článkov v medzinárodných vedeckých žurnáloch, ktoré sú často citované a školiteľom nemecky a anglicky hovoriacich doktorandských študentov.

