

**UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
JESSENIOVA LEKÁRSKA FAKULTA V MARTINE
Ústav verejného zdravotníctva**

Vybrané kapitoly z hygieny životného prostredia I.

Stanislav Kuka

Vysokoškolské skriptá



Martin, 2017

Vybrané kapitoly z hygieny životného prostredia I.
Vysokoškolské skriptá

Autor:

Ing. Stanislav Kuka, PhD.

Ústav verejného zdravotníctva
JLF UK v Martine

Technická spolupráca:

Mgr. Radka Štefanidesová

Ústav verejného zdravotníctva
JLF UK v Martine

Recenzenti:

doc. PhMr. Marta Hurbánková, CSc.

Fakulta verejného zdravotníctva
SZU v Bratislave

prof. MUDr. Ľudmila Ševčíková, CSc.

Ústav hygieny LF UK v Bratislave

Vydanie: prvé

Počet strán: 64

Text neprešiel jazykovou korektúrou, za jazykovú stránku zodpovedá autor.

Zverejnené na <http://portal.ifmed.uniba.sk>

ISBN 978-80-8187-037-8

OBSAH

ZOZNAM OBRÁZKOV A TABULIEK	5
ÚVOD	6
1 OVZDUŠIE	7
1.1 CHARAKTERISTIKA OVZDUŠIA	7
1.2 VLASTNOSTI OVZDUŠIA	7
1.2.1 CHEMICKÉ ZLOŽENIE A VLASTNOSTI ATMOSFÉRY	8
1.2.2 FYZIKÁLNE VLASTNOSTI VZDUCHU	9
1.2.2.1 TEPLOTA VZDUCHU	10
1.2.2.2 TLAK VZDUCHU	10
1.2.2.3 PRÚDENIE VZDUCHU	11
1.2.2.4 VLHKOSŤ VZDUCHU	11
1.2.2.5 ATMOSFÉRICKÁ ELEKTRINA	12
1.2.2.6 ŽIARENIE	13
1.2.3 BIOLOGICKÉ VLASTNOSTI OVZDUŠIA	14
1.3 ZNEČIŠŤOVANIE OVZDUŠIA	15
1.3.1 DEFINÍCIA A ZDROJE ZNEČISTENIA	15
1.3.2 DRUHY ŠKODLIVÍN V ATMOSFÉRE	17
1.3.3 ZDRAVOTNÉ ÚČINKY VÝZNAMNÝCH ŠKODLIVÍN	18
1.3.3.1 PLYNNÉ ŠKODLIVINY	18
1.3.3.2 TUHÉ ŠKODLIVINY	19
1.3.4 NÁSLEDKY ZNEČISTENIA OVZDUŠIA	20
1.3.5 MONITOROVANIE A HODNOTENIE ZNEČISTENIA OVZDUŠIA, LIMITY ZNEČISTENIA	22
1.3.6 OCHRANA OVZDUŠIA PRED ZNEČISTENÍM	25
2 VODA	28
2.1 VÝSKYT, VÝZNAM, VLASTNOSTI A ROZDELENIE VODY	28
2.1.1 HYDROSFÉRA	28
2.1.2 VÝZNAM VODY	28
2.1.3 VLASTNOSTI VODY	29
2.1.4 ROZDELENIE VODY PODĽA PÔVODU	31
2.1.4.1 ZRÁŽKOVÁ VODA	31
2.1.4.2 POVRCHOVÁ VODA	31
2.1.4.3 PODZEMNÁ VODA	32
2.1.5 ROZDELENIE VODY PODĽA POUŽITIA	33

2.1.5.1	PITNÁ VODA	33
2.1.5.2	ÚŽITKOVÁ VODA	34
2.1.5.3	VODA URČENÁ NA KÚPANIE	34
2.1.5.4	TECHNOLOGICKÁ (PREVÁDZKOVÁ) VODA	35
2.1.5.5	VODA URČENÁ NA ZÁVLAHY	36
2.2	ZNEČIŠŤOVANIE A SAMOČISTENIE VODY	39
2.2.1	ZNEČIŠŤOVANIE ATMOSFÉRICKEJ VODY	39
2.2.2	ZNEČIŠŤOVANIE POVRCHOVEJ A PODZEMNEJ VODY	40
2.2.3	SAMOČISTENIE VODY	41
2.3	ZDRAVOTNÉ RIZIKÁ Z VODY	41
2.3.1	ÚČINKY MIKROBIOLOGICKÝCH FAKTOROV Z PITNEJ VODY	41
2.3.2	ÚČINKY CHEMICKÝCH FAKTOROV Z PITNEJ VODY	41
2.3.3	ZDRAVOTNÉ RIZIKÁ SÚVISIACE S KÚPANÍM	43
2.4	ZÁSOBOVANIE VODOU	43
2.4.1	DRUHY ZÁSOBOVANIA PITNOU VODOU	43
2.4.2	VODNÉ ZDROJE A ICH OCHRANA	44
2.4.3	ÚPRAVA A DEZINFEKCIA VODY	45
2.4.4	POSUDZOVANIE KVALITY PITNEJ VODY	46
2.5	HYGIENICKÁ PROBLEMATIKA ODPADOVÝCH VÔD	49
2.5.1	DEFINÍCIA, ROZDELENIE A VEREJNOZDRAVOTNÝ VÝZNAM ODPADOVÝCH VÔD	49
2.5.2	ČISTENIE ODPADOVÝCH VÔD	49
2.5.3	PROBLEMATIKA PRIEMYSELNÝCH ODPADOVÝCH VÔD	50
3	PÔDA	51
3.1	FUNKCIE, ZLOŽENIE A VLASTNOSTI PÔDY	51
3.2	ZNEČIŠŤOVANIE PÔDY A JEHO VPLYV NA ĎALŠIE ZLOŽKY ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA	52
3.3	ZDRAVOTNÉ RIZIKÁ Z PÔDY	53
3.3.1	RIZIKÁ Z PÔDY VŠEOBECNE	53
3.3.2	PIESKOVISKÁ Z HYGIENICKÉHO ASPEKTU	54
3.4	HYGIENICKÁ PROBLEMATIKA TUHÉHO ODPADU	55
3.4.1	DEFINÍCIA A ROZDELENIE ODPADOV	55
3.4.2	NEBEZPEČNÉ ODPADY	56
3.4.3	ODPADY, KTORÉ NIE SÚ NEBEZPEČNÉ – OSTATNÉ ODPADY	60
3.5	POHREBNÍCTVO Z HYGIENICKÉHO ASPEKTU	61
	LITERATÚRA	62

ZOZNAM OBRÁZKOV A TABULIEK

Obr. 1	Obsah oxidu uhličitého v atmosfére Zeme počas posledných 400 000 rokov	9
Obr. 2	Teplotná inverzia nad Martinom dňa 27. 12. 2015 napoludnie	10
Obr. 3	Závislosť atmosférického tlaku od nadmorskej výšky	11
Obr. 4	Absolútna vlhkosť nasýteného vlhkého vzduchu – maximálne množstvo vodných pár vo vzduchu v závislosti od teploty	12
Obr. 5	Spektrum elektromagnetického žiarenia	13
Obr. 6	Rozdelenie najčastejšie sa vyskytujúcich škodlivín v atmosfére.	18
Tab. 1	Účinky znečistenia ovzdušia na človeka v havarijných situáciách (najznámejšie katastrofy vo svete)	21
Obr. 7	Hodinové koncentrácie znečisťujúcich látok – hodnoty zaznamenané automatickými meracími stanicami SHMÚ 18. 7. 2017 o 12. hodine	23
Tab. 2	Limitné hodnoty na ochranu zdravia ľudí a termíny ich dosiahnutia	24
Tab. 3	Kritické úrovne znečistenia ovzdušia na ochranu vegetácie	24
Tab. 4	Cieľové hodnoty pre arzén, kadmium, nikel a benzo(a)pyrén na ochranu zdravia ľudí a vegetácie	25
Tab. 5	Cieľová hodnota a dlhodobý cieľ pre ozón vzhľadom na ochranu zdravia ľudí	25
Tab. 6	Celkové emisie základných znečisťujúcich látok v SR v rokoch 1990 – 2015	27
Tab. 7	Medzné hodnoty ukazovateľov kvality vody na prírodnom kúpalisku počas kúpacej sezóny	36
Tab. 8	Požiadavky na kvalitu vody na umelom kúpalisku (krátené)	37
Tab. 9	Kvalitatívne ciele povrchovej vody určenej na závlahy	38
Tab.10	Niektoré ukazovatele kvality pitnej vody	48
Tab.11	Limitné hodnoty rizikových prvkov a látok v poľnohospodárskej pôde	52
Obr. 8	Nakladanie s odpadom a súvisiace pojmy	56
Obr. 9	Hierarchia odpadového hospodárstva	57
Tab.12	Zoznam skupín odpadov	58
Tab.13	Niektoré podskupiny a druhy komunálneho odpadu	59

ÚVOD

Hygiena životného prostredia sa zaoberá vplyvom faktorov životného prostredia na zdravie ľudí. Jej cieľom je presadzovanie a udržanie takých životných podmienok, ktoré vedú k zlepšovaniu a upevňovaniu zdravia, súčasne tiež k maximálnej ochrane biosféry.

Hygiena životného prostredia je interdisciplinárny odbor. Bez elementárnych znalostí prírodných vied (chémia, fyzika, biológia) je ako dom postavený bez základov. Preto skriptá obsahujú, či už priamo v hlavnom texte alebo v doplňujúcich textoch, aj časti z týchto prírodných vied v rozsahu nevyhnutnom pre pochopenie uvádzaných skutočností a ich vzájomných súvislostí.

Skriptá odkazujú na legislatívne dokumenty platné v čase ich tvorby a vydania (doslovne citované časti sú uvedené kurzívou). Vzhľadom na značnú dynamiku zmien v tejto oblasti je dôležité pravidelné sledovanie aktuálneho stavu.

Tieto skriptá sú zamerané na základné zložky prírodného, ale i antropogénne zmeneného životného prostredia, t.j. na ovzdušie, vodu a pôdu, posudzované z hľadiska ich vplyvu na ľudský organizmus. Ďalšie – civilizačné faktory budú predmetom nasledujúcej publikácie.

1 OVZDUŠIE

1.1 CHARAKTERISTIKA OVZDUŠIA

Ovzdušie (vzdušný obal Zeme – atmosféra) predstavuje najdynamickejšiu zložku životného prostredia. Vlastnosti ovzdušia v danej lokalite sa menia s časom a tiež so zmenou nadmorskej výšky. V tomto smere rozoznávame v ovzduší viaceré vrstvy líšiac sa fyzikálnymi a do určitej miery aj chemickými vlastnosťami. Medzi vrstvami neexistujú pevné hranice, jedna prechádza kontinuálne do druhej. Každá z vrstiev vykazuje špecifický vplyv na ľudský organizmus, pričom sa pochopiteľne najväčšou mierou prejavuje vplyv najspodnejšej vrstvy – troposféry.

Troposféra je vrstva atmosféry siahajúca od povrchu Zeme do výšky 8 km (na póloch) a až 16 km (pri rovníku). Vzhľadom k gravitačnému pôsobeniu Zeme na atmosféru je v tejto vrstve sústredených asi 80 % všetkého vzduchu (s výškou plynule klesá atmosférický tlak a hustota vzduchu). V troposfére je sústredená takmer všetka atmosférická voda a tvorí sa v nej počasie – faktor s výrazným vplyvom na zdravie človeka.

Stratosféra siaha od troposféry do výšky 80 km. V rámci stratosféry sa vyčleňuje špecifická oblasť so zvýšeným obsahom ozónu – ozonosféra. Ozón (kyslík vo forme trojatómových molekúl O_3) sa vytvára v ozonosfére z kyslíka (O_2) pôsobením krátkovlnného žiarenia Slnka. Ozón a kyslík tvoria spolu ochranný filter, ktorý chráni povrch Zeme pred najškodlivejšími zložkami ultrafialového (UV) žiarenia (zložku UV-C zachytáva úplne a zložku UV-B v prevažnej miere). Narušenie ozónovej vrstvy antropogénnymi faktormi má za následok zosilnenie UV žiarenia na úroveň ohrozujúcu zdravie.

Ionosféra je vrstva siahajúca od stratosféry do výšky 500 km. Obsahuje veľmi riedky vzduch, pričom molekuly plynov sú vo významnej miere ionizované. Zachytáva primárnu zložku kozmického žiarenia, ktoré by malo negatívny vplyv na život na Zemi.

Exosféra je priestor vyššie ako 500 km nad Zemou, ktorý tvorí plynulý prechod medzi atmosférou a vzduchoprázdny kozmickým priestorom.

1.2 VLASTNOSTI OVZDUŠIA

Pre rozlíšenie faktorov, ktorými vplýva ovzdušie na človeka a ostatné organizmy je vhodné rozčleniť jeho vlastnosti na jednotlivé skupiny:

- chemické vlastnosti reprezentované chemickým zložením a vlastnosťami jednotlivých zložiek,
- fyzikálne vlastnosti,
- biologické vlastnosti.

1.2.1 CHEMICKÉ ZLOŽENIE A VLASTNOSTI ATMOSFÉRY

V troposfére je v prírodnom prostredí chemické zloženie a zastúpenie jednotlivých zložiek pomerne stále:

Dusík (N_2) je najrozšírenejším plynom s objemovým zastúpením 78 %. S kyslíkom a ďalšími zložkami tvorí zmes plne vyhovujúcu súčasnému životu na Zemi.

Kyslík (O_2) s objemovým zastúpením 21 % je nevyhnutný pre život aeróbnych organizmov, ktoré získavajú energiu oxidačnými procesmi. Obsah kyslíka je daný dynamickou rovnováhou medzi jeho tvorbou fotosyntézou a spotrebou dýchaním živočíchov. Človek dokáže v určitých medziach tolerovať zmeny obsahu kyslíka, napr. pokles jeho koncentrácie vo vzduchu až na 12 % znáša bez väčších ťažkostí (pre porovnanie: vo vzduchu vydychovanom z pľúc je ešte asi 16 % kyslíka). Toleruje tiež pokles parciálneho tlaku kyslíka spôsobený znižovaním celkového atmosférického tlaku vo väčších nadmorských výškach. Miera tejto tolerancie je však vysoko individuálna a možno ju ovplyvniť aklimatizáciou. Kyslík vo forme trojatómových molekúl, teda **ozón** (O_3) netvorí stálu súčasť troposféry. Vytvára sa (s obmedzenou životnosťou pre vysokú chemickú reaktivitu) pri elektrických výbojoch, napr. bleskoch či umelých výbojoch. Vzniká tiež spoluúčinkovaním UV žiarenia a niektorých exhalátov (oxidy dusíka, uhľovodíky) počas fotochemického smogu. Je bunkovým jedom, ničí mikroorganizmy, poškodzuje však tiež dýchacie orgány vyšších organizmov.

Vzácne plyny (argón, neón, hélium, kryptón, xenón, radón – v klesajúcom zastúpení) tvoria spolu asi 0,9% atmosféry. Nevykazujú chemickú reaktivitu a teda ani vplyv na organizmy ako chemický faktor. Osobitne však treba posudzovať **radón**, ktorý za určitých okolností predstavuje hrozbu pre zdravie vzhľadom na svoju rádioaktivitu (tejto problematike sa venuje odbor ochrany zdravia pred žiarením).

Oxid uhličitý (CO_2) je napriek relatívne nízkemu zastúpeniu (asi 0,04%) významnou zložkou atmosféry. Patrí totiž k skleníkovým plynom, ktoré absorpciou infračerveného žiarenia silno ovplyvňujú teplotný režim atmosféry. Obsah CO_2 v atmosfére bol za posledných 400 000 rokov histórie Zeme v pásme 0,018 až 0,028 %, pričom boli v dynamickej rovnováhe jeho tvorba dýchaním živočíchov a spotreba fotosyntézou zelených rastlín. Antropogénnou činnosťou je táto rovnováha porušená: za približne posledných 63 rokov (od roku 1950 do 2013, ako znázorňuje graf na obr.1) došlo k zvýšeniu obsahu CO_2 v atmosfére z 0,03 na 0,04 %. Tempo nárastu sa postupne zvyšuje, čo môže mať (spolu s nárastom koncentrácie ďalších skleníkových plynov) katastrofálne následky na klímu Zeme a na celé ľudstvo.

Významnými medzníkmi, ktoré dokumentujú postupnú zmenu postojov ľudskej spoločnosti k tomuto problému sa stali **Rámcový dohovor OSN o zmene klímy** (s platnosťou od r. 1994) a **Kjótsky protokol** z r. 1997, s účinnosťou od r. 2005.

Ďalší krok k obmedzeniu globálneho otepľovania Zeme predstavuje **Parížska dohoda** z 12. 12. 2015. Po ratifikovaní krajinami produkujúcimi najmenej 55% celosvetových emisií skleníkových plynov nadobudla platnosť 4. 11. 2016. Predstavuje akčný plán zameraný na obmedzenie globálneho otepľovania výrazne pod 2 °C. Obavy o efektívnosť tejto dohody vyvoláva následné odstúpenie USA – jedného z najväčších producentov emisií.



Obr. 1 Obsah oxidu uhličitého v atmosfére Zeme počas posledných 400 000 rokov.

Spracované podľa zdroja http://climate.nasa.gov/climate_resources/24/.

Nula na časovej osi grafu zodpovedá roku 1950, kedy bolo v atmosfére 300 ppm = 0,03 % oxidu uhličitého. Posledný bod grafu zodpovedá roku 2013, v ktorom už bolo 0,04 % CO₂. V histórii Zeme už viackrát stúpol obsah oxidu uhličitého o 100 ppm, nárast bol však pomalý, trval najmenej 8000 rokov (vždy počas otepľovania po skončení ľadovej doby). Súčasný nárast je voči tomu viac ako stokrát rýchlejší – začal akcelerovať približne v čase priemyselnej revolúcie. Môže teda za to človek? (Existujú snahy spochybniť úlohu človeka v procese globálneho otepľovania Zeme).

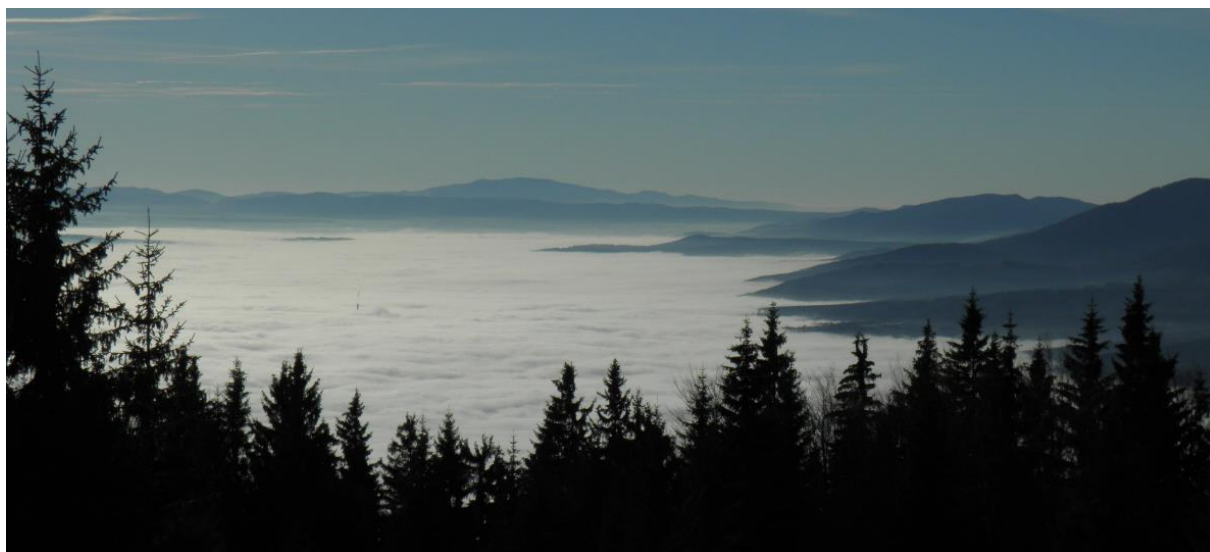
Medzi ďalšie zložky, ktorých obsah v atmosfére je premenlivý, patria: **vodné pary**, **oxidy síry** (SO₂ a SO₃), **oxidy dusíka** (N₂O, NO, NO₂), **sulfán**, **metán**, **zlúčeniny halogénov** a ďalšie. Tieto môžu tvoriť vo vzduchu homogénnu zmes (plyn – plyn) alebo heterogénnu zmes t.j. aerosól a to prach, dym (plyn – tuhá látka) alebo hmlu (plyn – kvapalina).

1.2.2 FYZIKÁLNE VLASTNOSTI VZDUCHU

K fyzikálnym vlastnostiam (faktorom) ovzdušia patria najmä: teplota, tlak, prúdenie vzduchu, vlhkosť vzduchu, atmosférická elektrina a žiarenie – ako faktor, ktorého pôvod je prevažne mimo atmosféry, ale významne vplýva na jej stav i na celú biosféru.

1.2.2.1 TEPLOTA VZDUCHU

Teplota vzduchu je veľmi premenlivý faktor, ktorý je ovplyvnený najmä intenzitou slnečného žiarenia, polohou (zemepisná šírka, nadmorská výška), časom (deň, noc, ročné obdobie) a meteorologickou situáciou. Samotný vzduch absorbuje málo tepelného (infračerveného) žiarenia Slnka, ohrieva sa predovšetkým od litosféry, t.j. pevniny a od hydrosféry. Preto sú prízemné vrstvy atmosféry zvyčajne najteplejšie. Zmena teploty s výškou, tzv. *vertikálny teplotný gradient*, predstavuje asi 6°C na každý kilometer výšky. Za určitých podmienok však môže dôjsť k opačnému rozloženiu teplôt – teplotnej inverzii. Tento jav nastane najčastejšie v zime, za bezveterného počasia: po nočnom ochladení klesne studený, ťažší vzduch dolu do údolí, kde sa vytvorí vrstva hmly. Tá zabráni prenikaniu slnečných lúčov na zemský povrch, ohrevu zeme a vzduchu, čím sa daný stav stabilizuje. Vzduch pri zemi v inverznej vrstve, ktorá môže mať hrúbku až stovky metrov, sa nepremiešava, ostáva studený, vlhký a ťažký (obr. 2). Teplota vzduchu rastie až nad inverznou vrstvou – na horách je teplé slnečné počasie. Z hygienického hľadiska predstavujú inverzie problém najmä vzhľadom na zabraňovanie rozptylu znečisťujúcich látok v atmosfére. Môžu pritom trvať relatívne dlhú dobu – niekoľko dní až týždňov, počas ktorých môže dôjsť k nebezpečnému nárastu koncentrácie znečisťujúcich látok.



Obr. 2 Teplotná inverzia nad Martinom dňa 27. 12. 2015 napoludnie.

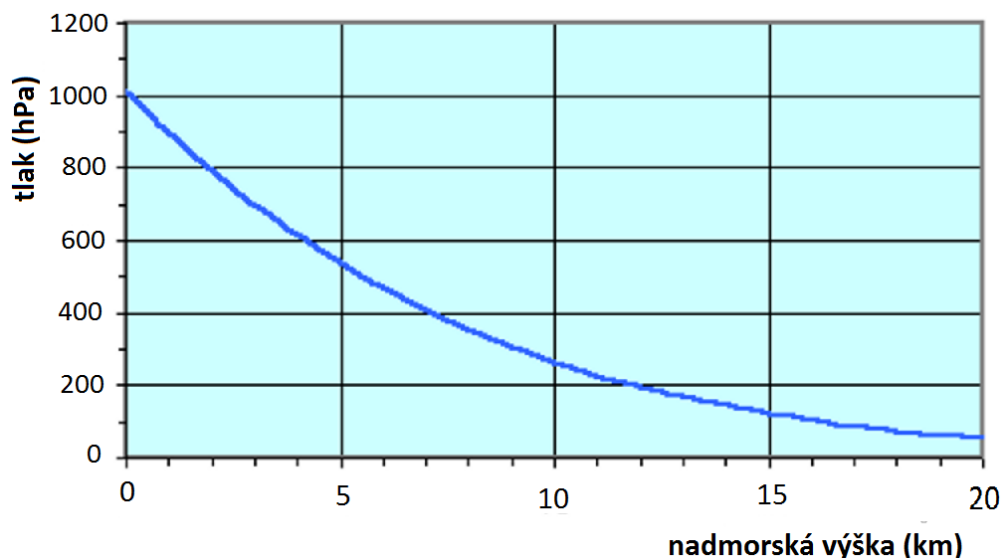
Zdroj: archív autora.

Hrúbku inverznej vrstvy vzduchu na obrázku (asi 100 m) možno približne odhadnúť podľa hornej časti komína martinskej teplárne, viditeľnej v ľavej tretine obrázka. Táto inverzia zabraňuje rozptylu znečisťujúcich látok v ovzduší zo všetkých zdrojov, ktoré sú pod hornou hranicou inverznej vrstvy.

1.2.2.2 TLAK VZDUCHU

Tlak vzduchu vzniká pôsobením gravitačnej sily Zeme na vzdušné hmoty. S výškou plyne klesá, čím klesajú aj parciálne tlaky jednotlivých zložiek vzduchu. Pri morskej hladine

má priemernú hodnotu 101,32 kPa (= 1013,2 hPa = 1013,2 mbar = 1 atm, t.j. tzv. *normálny tlak*), čomu zodpovedá tlaková sila asi 10 N/cm². V nadmorskej výške 5 km je tlak asi 53 % normálneho tlaku, vo výške 10 km asi 27 %, ako znázorňuje obr. 3. Netrénované osoby však môžu pociťovať príznaky výškovej choroby už od nadmorskej výšky 3000 m.



Obr. 3 Závislosť atmosférického tlaku od nadmorskej výšky. Spracované podľa zdroja:

<http://docplayer.cz/4399368-Mereni-tlaku-v-zavislosti-na-nadmorske-vysce-ket-mnv.html>

1.2.2.3 PRÚDENIE VZDUCHU

Vietor vzniká v dôsledku zmien tlaku vzduchu na rôznych miestach Zeme. Zabezpečuje transport vody v atmosfére, vyrovnávanie teplôt, znižovanie koncentrácie škodlivých látok ich rozptýlením. Vedie však tiež k tzv. *sekundárnej prašnosti* strhávaním tuhých častíc z povrchu Zeme.

V osídlených oblastiach, ktoré sú často vystavené silnému vetru, prináša zlepšenie životných podmienok zriaďovanie vetrolamov. Tie môžu byť technického charakteru alebo prírodné (vhodne vysadené stromy). Vzhľadom na komplexnú úžitkovosť sa uprednostňujú prírodné vetrolamy.

Prevládajúci smer vetra je dôležitým faktorom, ktorý je nutné zohľadniť pri územnom plánovaní – ide napr. o polohu obytných zón vzhľadom ku zdrojom znečistenia ovzdušia.

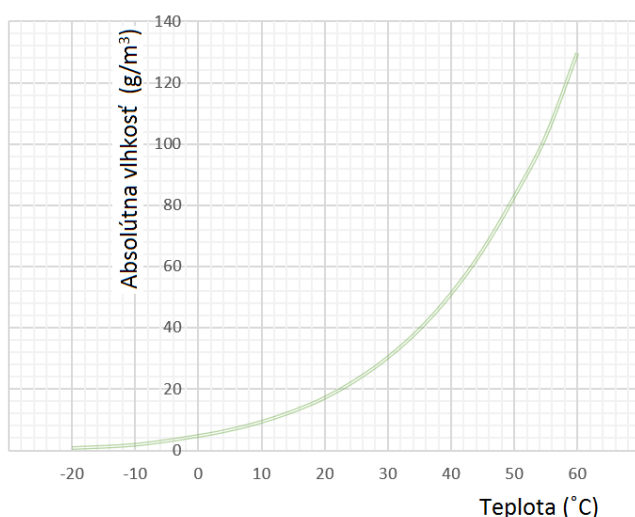
1.2.2.4 VLHKOSŤ VZDUCHU

Voda sa môže v atmosfére nachádzať v plynnom, kvapalnom i tuhom skupenstve. Vlhkosť vzduchu (absolútna i relatívna) vyjadruje obsah vodných pár - vody prítomnej v plynnom skupenstve.

V hovorovom jazyku predstavuje pojem *para* viditeľnú formu vody – napr. nad čajníkom. Táto je v kvapalnom skupenstve, vo forme veľmi malých kvapiek, podobne ako v hmle alebo v oblakoch (kde môže byť i v tuhom skupenstve). Vodu vyparenú do atmosféry, ktorá je v plynnom skupenstve, nemožno vidieť – vo vzduchu sú rozptýlené jednotlivé molekuly vody.

Absolútna vlhkosť vyjadruje hmotnosť vodných pár v kubickom metri vzduchu (g/m^3). Vzduch má obmedzenú schopnosť pútať v sebe vodné pary, pričom sa táto schopnosť mení s teplotou (obr. 4). Graf zobrazuje, aké maximálne množstvo vodnej pary môže pri danej teplote obsahovať 1 m^3 vzduchu, teda *maximálnu vlhkosť*. Z grafu je zrejmé, že maximálnu vlhkosť možno dosiahnuť okrem odparovania ďalšej vody aj znížením teploty vzduchu na hodnotu, ktorú nazývame *rosný bod*. Ak dôjde z ďalšiemu znižovaniu teploty, vzduch už neudrží v sebe všetku vyparenú vodu a jej nadbytočná časť sa vylúči ako kvapalina (rosa, hmla) alebo v tuhom skupenstve (námraza, hmla z kryštálikov ľadu).

Človek reaguje pocitovo nie na hmotnosť vodných pár vo vzduchu, ale na to, do akej miery je vzduch nasýtený vodnými parami. Takto vyjadrená vlhkosť vzduchu sa nazýva **relatívna vlhkosť** a vypočíta sa ako podiel absolútnej vlhkosti daného vzduchu a maximálnej možnej vlhkosti pri danej teplote. Relatívna vlhkosť sa zvyčajne uvádza v percentách. Pre človeka je najvhodnejšie prostredie s relatívnou vlhkosťou približne 50 %. Pri relatívnej vlhkosti pod 30 % dochádza k vysušovaniu slizníc, ak je vlhkosť nad 80 % a postupne sa blíži k 100 %, stále pomalšie sa odparuje pot, neschnú mokré veci, človek pociťuje stav nepohody – dusno. (Tento stav však vyhovuje mnohým nižším organizmom, napr. plesniam.)



Obr. 4 Absolútna vlhkosť nasýteného vlhkého vzduchu – maximálne množstvo vodných pár vo vzduchu v závislosti od teploty. Graf spracovaný podľa tabuľkových údajov zdroja: <http://measure.feld.cvut.cz/system/files/files/cs/vyuka/predmety/A5M38SZS/Vlhkomery3.pdf>

1.2.2.5 ATMOSFÉRICKÁ ELEKTRINA

Atmosférická elektrina predstavuje prítomnosť elektricky nabitých častíc – iónov v ovzduší a súvisiace javy: vznik, pohyb, zánik iónov, elektrické pole, elektrické výboje. Ióny vznikajú z elektricky neutrálnych častíc buď odtrhnutím elektrónu (vznikne kation - s kladným nábojom) alebo jeho pripojením, kedy vznikne anión nesúci záporný náboj. Ionizáciu spôsobujú najmä rôzne druhy elektromagnetického žiarenia: kozmické žiarenie, rádioaktivita Zeme, ultrafialové žiarenie. Môže byť tiež spôsobená trením pri vzájomnom pohybe rôznych

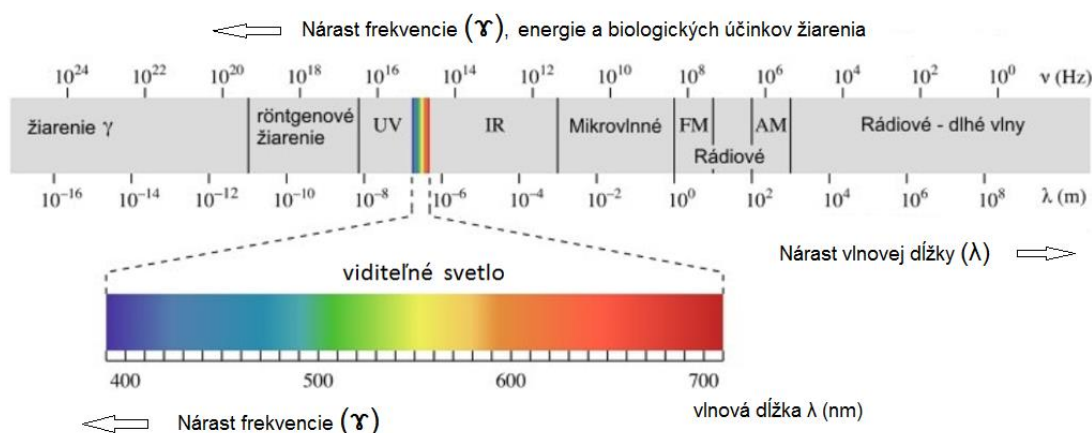
látok. Podľa veľkosti možno rozdeliť ióny na ľahké a ťažké. Kým ľahké predstavujú samotné ionizované atómy alebo molekuly, ťažké ióny vznikajú adsorpciou ľahkých iónov na oveľa väčšie častice – napr. častice prachu či iné kondenzačné jadrá. Vzhľadom na dynamiku procesov v atmosfére sú i vzdušné ióny v neustálom pohybe a podliehajú zmenám. Všeobecne platí, že v čistom ovzduší je vysoká koncentrácia ľahkých iónov, pričom najviac je ich v horných vrstvách atmosféry. V dolných vrstvách je veľa ľahkých iónov nad hladinou oceánov a v blízkosti vodopádov. Ťažké ióny prevládajú všade tam, kde dochádza k znečisťovaniu vzduchu. Sú však nestabilné, rýchlo sedimentujú a zanikajú – znečistený vzduch obsahuje málo iónov. Ionizácia ovzdušia patrí k faktorom, ktoré vplyvajú na živé organizmy a to najmä prostredníctvom dýchacieho a nervového systému. Subjektívnym indikátorom prítomnosti ľahkých záporných iónov je pocit sviežosti a pohody.

1.2.2.6 ŽIARENIE

Žiarenie v atmosfére môže mať charakter korpuskulárny (časticový) alebo vlnový.

Korpuskulárne žiarenie (častice α , β , protóny a ďalšie) sa síce vyznačuje silnými biologickými účinkami - je ionizujúce, za normálnych podmienok (v nenarušenom prírodnom prostredí) je však jeho úroveň stabilne nízka – tvorí prírodné rádioaktívne pozadie. Tejto problematike sa venuje odbor ochrany zdravia pred žiarením).

Elektromagnetické žiarenie predstavuje vlnenie elektrického a magnetického poľa, ktorého prejavy a účinky sa líšia so zmenou jeho frekvencie, vlnovej dĺžky (v inverznom vzťahu s frekvenciou) a intenzity. Prehľad elektromagnetického žiarenia znázorňuje obr. 5. Najvýznamnejším zdrojom elektromagnetického žiarenia je Slnko, ktoré touto formou dodáva energiu pre život na Zemi. Slnko vyžaruje najmä žiarenie v rozsahu vlnových dĺžok 250 – 3000 nm, ktoré je neionizujúce, pričom časť žiarenia s vlnovými dĺžkami 250 – 400 nm patrí k ultrafialovému (UV) žiareniu, časť 400 – 750 nm je viditeľné svetlo (VL) a časť s vlnovými dĺžkami 750 – 3 000 nm je infračervené (IR) žiarenie. Všeobecne platí, že biologické účinky žiarenia narastajú so zvyšovaním jeho frekvencie, teda s poklesom jeho vlnovej dĺžky.



Obr. 5 Spektrum elektromagnetického žiarenia. Upravené podľa zdroja:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9e/EM_spectrum_SK.jpg

Ultrafialové žiarenie tvorí asi 7 % celkového toku žiarenia Slnka, je to však časť s najvyššou biologickou aktivitou. Väčšinu tohoto žiarenia zachytí ozonosféra, na povrch Zeme prenikne len malá časť. Ozonosféra zachytí prakticky celé žiarenie oblasti UV-C (pod 280 nm), väčšinu žiarenia oblasti UV-B (280 – 315 nm) a menšiu časť žiarenia UV-A (315 – 400 nm). Na človeka má UV žiarenie rôzne účinky: priaznivé i nepriaznivé. K priaznivým patrí aktivácia tvorby vitamínu D3, k nepriaznivým nežiadúce fotochemické reakcie v povrchovej vrstve pokožky. Tieto vedú k erytému, edému, zápalovej reakcii, tvorbe pľuzgierov s následným olupovaním kože a zrýchlenému starnutiu kože. Opakovaná intenzívna expozícia UV žiareniu môže zapríčiniť po niekoľkých rokoch vznik karcinómu kože. Nepriaznivé účinky na očné spojovky predstavuje konjunktivitída, príp. až prechodné oslepnutie. Miera expozície rozhoduje o tom, ktoré účinky prevládnu: napr. pre aktiváciu tvorby vitamínu D3 stačí vystavenie pokožky slnečnému žiareniu niekoľko minút denne, pričom efekt možno kumulovať niekoľko mesiacov.

Viditeľné svetlo predstavuje predovšetkým rozhodujúci faktor fotosyntézy, pri ktorej autotrofné organizmy využívajú jeho energiu pri tvorbe energeticky bohatých organických zlúčenín. Vytvárajú tým zdroj energie pre heterotrofné organizmy vrátane človeka. Svetlo tiež významne ovplyvňuje mnohé fyziologické funkcie a tým celkový stav ľudského organizmu vrátane psychickej pohody. Výstižne to vyjadruje staré príslovie: Kam nechodí slnko, tam chodí lekár.

Infračervené žiarenie je „najmäkšie“ žiarenie Slnka, ktorého energia sa po dopade a absorpcii v látkach mení na teplo. Túto zložku žiarenia čiastočne zachytáva atmosféra prostredníctvom skleníkových plynov (vodné pary, oxid uhličitý, ozón a ďalšie), väčšina však dopadá na Zem a ohrieva jej povrch. Pri dopade na pokožku vzniká tepelný erytém, závažné negatívne účinky sa môžu prejaviť pri dlhodobej intenzívnej expozícii pokožky alebo očí – katarakta šošovky.

Rádiofrekvenčné žiarenie je žiarenie s nižšou frekvenciou (s väčšou vlnovou dĺžkou) voči infračervenému. V atmosfére je prítomné žiarenie prevažne antropogénneho pôvodu využívané na mikrovlnný ohrev látok, v rádiolokácii, v komunikačnej technike (mobilné siete, wifi), pri rozhlasovom a televíznom vysielaní. Zdrojom žiarenia nízkych frekvencií sú tiež elektrické vedenia a spotrebiče. Aj keď sú biologické účinky tohto žiarenia nižšie voči predchádzajúcim druhom, nemožno ich zanedbávať. Tienistou stránkou prudkej expanzie energetiky a komunikačnej techniky je nárast elektrosmogu s jeho negatívnym vplyvom na živé organizmy, predovšetkým človeka (tepelné i netepelné účinky, napr. bolesti hlavy, poruchy spánku).

1.2.3 BIOLOGICKÉ VLASTNOSTI OVZDUŠIA

Najnižšia vrstva ovzdušia (troposféra) je životným prostredím mnohých organizmov vrátane mikroorganizmov. Tie sa dostávajú do ovzdušia z rôznych zdrojov: pôda, rastliny, živočíchy, človek. Ide o rôzne saprofytické a patogénne mikroorganizmy. Ich prenos v ovzduší uľahčuje prítomnosť aerosolov, na častice ktorých sa naviažu. Tento spôsob šírenia infekcií

sa uplatňuje najmä v uzavretých priestoroch. Ovzdušie s minimom aerosolov nepodporuje šírenie a prežívanie mikroorganizmov.

Peľ v ovzduší predstavuje ďalšiu zložku prírodného pôvodu s významnou biologickou aktivitou. Počet alergikov trpiacich na sezónnu peľovú alergiu narastá, čo možno dať do súvisu s výsadbou nevhodnej zelene v obývaných oblastiach a so zväčšovaním podielu neobhospodarovaných, zaburinených plôch.

1.3 ZNEČISŤOVANIE OVZDUŠIA

1.3.1 DEFINÍCIA A ZDROJE ZNEČISTENIA

Znečistenie ovzdušia predstavuje stav, kedy sa v atmosfére vyskytujú látky, ktoré do nej nepatria a ktoré v závislosti od ich druhu a koncentrácie môžu poškodiť živú i neživú časť prírody. Samotné škodlivé látky - exhaláty, ich produkcia a obsah v atmosfére sa vyjadrujú rôzne (emisie, imisie), podľa zvoleného hľadiska posudzovania.

Pojem **emisie** predstavuje škodliviny posudzované vzhľadom na ich producenta, teda škodliviny vylučované určitým zdrojom. Tomu zodpovedá spôsob vyjadrenia ich množstva – v jednotkách hmotnosti za určité časové obdobie, napr. v tonách / rok.

Pojem **imisie** predstavuje škodliviny posudzované z hľadiska exponovaného subjektu - obyvateľa určitého územia, ktorého zaujíma, akému množstvu škodlivín je vystavený v danej lokalite. Imisie sa číselne vyjadrujú ako koncentrácia danej škodliviny, napr. v mg/m³ vzduchu vo výške dýchacej zóny človeka. Úroveň imisií na určitom mieste a v danom čase závisí od mnohých faktorov, najmä od produkcie emisií, od vzájomnej polohy lokality voči zdrojom emisií a od poveternostnej situácie (smer, rýchlosť vetra...).

Z hľadiska veľkosti znečisteného územia sa znečistenie ovzdušia delí na:

Lokálne znečistenie:

- Znečistenie ovzdušia miest a priemyselných oblastí.
- Hlavné zdroje: exhaláty z miestneho priemyslu, poľnohospodárstva, stavebníctva, energetiky, automobilovej dopravy, domáceho vykurovania a zneškodňovania odpadov.
- Typické škodliviny: oxid uhoľnatý, oxid siričitý, oxid dusnatý, oxid dusičitý, uhľovodíky a tuhé častice.

Regionálne znečistenie:

- Znečistenie ovzdušia spodnej troposféry, celých územných celkov až častí kontinentov.
- Typické škodliviny: exhaláty oxidov sýry a dusíka. Sledujú sa tiež uhľovodíky a niektoré ťažké kovy.

Globálne znečistenie:

- Znečistenie voľnej atmosféry, t.j. zmeny zloženia atmosféry ako celku.
- Typické škodliviny: oxid uhličitý a drobné častice tuhých a kvapalných látok.
- Dôsledky znečistenia ovzdušia:
kyslé dažde, skleníkový efekt, ozónová diera.

Kyslé dažde

- Dym, ktorý vzniká pri spaľovaní uhlia, nafty, benzínu, obsahuje oxid siričitý a oxid dusičitý.
- Tieto plyny reagujú v ovzduší s prítomnou vodou, čím vytvárajú zriedené kyseliny (siričitú a dusičnú). Kyselina siričitá postupne oxiduje na kyselinu sírovú.
- Vzniknuté kyseliny padajú na zem v kvapkách dažďa, snehu alebo krúp a ľadovca.
- Dôsledky : kyslé dažde poškodzujú vodné ekosystémy, zapríčiňujú hynutie lesov, rozleptávajú kamenné budovy, sochy a kovové konštrukcie, znečisťujú vodné zdroje, v ktorých stúpa obsah ťažkých kovov (tvoria sa ich rozpustné soli).

Skleníkový efekt

- Zadržiavanie tepla atmosférou (skleníkové plyny) pri tepelnej výmene medzi povrchom Zeme a kozmickým priestorom – neustále otepľovanie Zeme.
- Teplo preniká dnu, no von ho atmosféra prepúšťa len čiastočne.
- Dôsledky: Zmenšovanie rozdielov teplôt medzi rovníkom a pólmi, zmeny morských prúdov (roztápanie ľadovcov a tým zvýšenie hladín svetových morí a oceánov s dôsledkami zaplavovania prímorských, pobrežných oblastí s malou nadmorskou výškou, eróziou pobreží, zasolením sladkej vody). Nárast extrémnych poveternostných prejavov – ničivý vietor, viac zrážok vo vlhkých oblastiach (záplavy), rozširovanie veľmi suchých oblastí.

Pre objasnenie súvislostí je potrebné rozlíšiť prírodný skleníkový efekt (ktorý sa vyskytuje prirodzene na Zemi najmä vďaka vodným parám v atmosfére a bez ktorého by bola priemerná teplota pri zemi nižšia asi o 30°C) a antropogénny skleníkový efekt. Tento je spôsobený najmä spaľovaním fosílnych palív a ďalšími ľudskými aktivitami (priemysel, výrub lesov), čo vedie k nárastu obsahu ďalších skleníkových plynov (CO₂, metán, oxid dusný, freóny). Antropogénny skleníkový efekt prispieva ku globálnemu otepľovaniu Zeme, pričom je predmetom vedeckého sporu miera tohto príspevku.

Ozónová diera

- Je oblasť - najmä nad Arktídou a Antarktídou - s prudko zníženou koncentráciou ozónu.
- Časť stratosféry s najvyšším obsahom ozónu = ozónová vrstva.
- Zachytáva veľké množstvo škodlivých ba až smrteľných ultrafialových slnečných lúčov.
- Od roku 1970 sa pozoruje, že ozónová vrstva sa stenčuje !
- Hlavná príčina: freóny - organické zlúčeniny chlóru, brómu a fluóru.
- Dôsledky: rakovina kože, očný zákal, oslabenie imunitného systému, úhyn planktónu – základu potravinového reťazca.

Najvyššie kolísanie úrovne znečistenia ovzdušia s dosahovaním extrémnych koncentrácií škodlivín sa prejavuje pri lokálnom znečistení.

Z globálneho – celosvetového hľadiska pochádza výrazná väčšina (asi 90%) látok znečisťujúcich atmosféru z prírodných zdrojov (erózia Zeme, vulkanická činnosť, rozkladné procesy v prírode). Znečistenie z umelých zdrojov - z antropogénnej činnosti má však závažnejší priamy vplyv na ľudí, nakoľko najvyššie koncentrácie škodlivín sú práve v lokalitách s najvyššou hustotou osídlenia, priamo v dýchacej zóne človeka.

Umelé zdroje možno rozdeliť na **stacionárne** – lokalizované na dané miesto a **mobilné**, napr. dopravný prostriedok so spaľovacím motorom. Stacionárne zdroje sú bodové (chemická výroba, komín teplárne), plošné (povrchová baňa) alebo líniové (diaľnica).

Pri rozdelení podľa rezortov sú hlavnými zdrojmi škodlivín: doprava (hlavne cestná), priemysel (chemický, hutnícky, priemysel stavebných hmôt), energetika (teplárne, kotolne, tepelné elektrárne), poľnohospodárstvo (živočíšna i rastlinná výroba). Určitým podielom prispieva k znečisťovaniu ovzdušia i komunálna sféra – spaľovne odpadov a domáce vykurovanie.

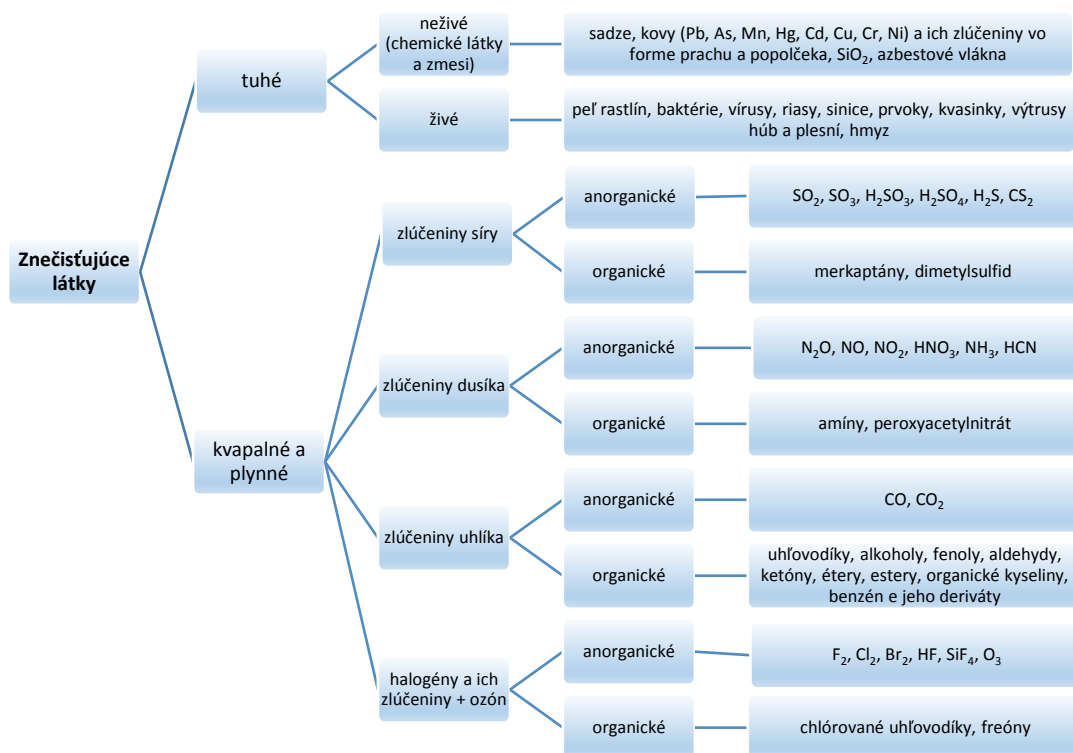
Škodlivé látky emitované z rôznych zdrojov predstavujú **primárne** škodliviny. Tieto nie sú v atmosfére izolované, ale prichádzajú do interakcií so základnými zložkami ovzdušia, s inými škodlivinami, alebo sa môžu meniť vplyvom fyzikálnych faktorov (UV žiarenie). Tvoria tým **sekundárne** škodliviny, ktorých toxicita môže byť vyššia voči primárnym škodlivinám. Typickým príkladom takéhoto procesu je tvorba prízemného ozónu a peroxiacetylnitrátu v prípade **smogu losangeleského typu**. Takýto smog (nazývaný aj letný) vzniká zvyčajne v lete, pri zlých rozptylových podmienkach v atmosfére pôsobením UV žiarenia na vzduch s vysokým obsahom škodlivín, najmä z výfukových plynov spaľovacích motorov. Sekundárne škodliviny – oxid sýrový a kyselina sírová vznikajú i v prípade **smogu londýnskeho typu**. Tento smog (nazývaný aj zimný) vzniká pri inverznom počasí (bezvetrie, hmla, nárast teploty s výškou) spolupôsobením hmly a dymu s vyšším obsahom oxidu siričitého (dym zo spaľovania uhlia). Kým letný smog má oxidačný charakter, zimný smog je redukčný.

1.3.2 DRUHY ŠKODLIVÍN V ATMOSFÉRE

Škodliviny (polutanty) sa môžu v atmosfére nachádzať vo všetkých troch skupenstvách, teda ako plyny, tuhé látky i kvapaliny. Najčastejšie však prichádzajú do úvahy plynne a tuhé znečisťujúce látky. Rozdelenie škodlivín na základe ich chemického zloženia je komplikované vzhľadom na možnosť chemických premien škodlivín v ovzduší počas tvorby sekundárnych škodlivín. Mnohé škodliviny (najmä v tuhom skupenstve) tiež tvoria zmesi s premenlivým zložením, ktoré sa sledujú a vyhodnocujú nie podľa chemického zloženia, ale podľa veľkosti častíc (napr. polietavý prach – častice PM_{10} , $PM_{2.5}$...).

Obvyklý spôsob rozdelenia škodlivín, ktorý zohľadňuje okrem chemického zloženia aj skupenstvo a prípadný prírodný pôvod, znázorňuje obrázok 6.

Vymenovanie chemických prvkov a zlúčenín (napr. na obr. 6 alebo v hlavnom texte) zvädza k ich šablónovitému a pritom nesprávnemu rozdeleniu na škodliviny a tie ďalšie – neškodné či užitočné látky. O výslednom účinku na ľudí a prírodu však rozhoduje mnoho rôznych faktorov, napr. koncentrácia či množstvo látky, skupenstvo, veľkosť a tvar častíc (pri tuhých látkach). Pri chemických prvkoch veľmi záleží na ich oxidačnom stupni, či sú voľné alebo viazané v zlúčenine, akú rozpustnosť má táto zlúčenina. Málo chemických prvkov je jednoznačne škodlivých (napr. ortuť). Ako ďalšie príklady možno uviesť rozdielne vlastnosti a účinky kyslíka (O_2), ktorý dýchame, ozónu (O_3) v ozónosfére a ozónu v prízemnej vrstve ovzdušia, kde je škodlivinou. Chlór (Cl_2) je jedovatý bojový plyn. Malá, definovaná koncentrácia vo vode však zabezpečuje jej mikrobiálnu nezávadnosť. Iné sú jeho efekty v kuchynskej soli ($NaCl$), ktorej príjem (v primeranom množstve) je pre organizmus potrebný a v tetrachlórmetáne s karcinogénnymi a ďalšími negatívnymi účinkami. Denne prejdú pľúcami človeka tisíce litrov dusíka (N_2) a kyslíka (O_2) - spolu vyše 10 kg uvedených plynov, avšak už desaťmilióntina tohto množstva, t.j. 1 mg oxidu dusičitého (NO_2) prijatého dýchaním počas dňa negatívne vplyva na zdravie.



Obr. 6 Rozdelenie najčastejšie sa vyskytujúcich škodlivín v atmosfére. Spracované podľa zdroja:

<http://www.enpos.sk/environment/oblasti-zivotneho-prostredia/ovzdušie/111-znecistenie-ovzdušia>

1.3.3 ZDRAVOTNÉ ÚČINKY VÝZNAMNÝCH ŠKODLIVÍN

1.3.3.1 PLYNNÉ ŠKODLIVINY

Oxid siričitý (SO₂) je typickým predstaviteľom plynných škodlivín. Jeho zdrojom sú najmä spaľovacie procesy (uhlie, vykurovacie oleje), významné množstvo vzniká tiež pri metalurgických procesoch – výrobe kovov. V atmosfére tvorí so vzdušnou vlhkosťou kyselinu siričitú. Podlieha postupnej oxidácii na **oxid sírový (SO₃)**, ktorý tvorí s vodou kyselinu sírovú. Oxid siričitý a jeho sekundárne produkty majú silne dráždivé účinky na dýchacie cesty a očné spojovky. Ich chronické pôsobenie negatívne ovplyvňuje metabolizmus a imunitné reakcie organizmu.

Oxidy dusíka (NO_x) : hlavne **oxid dusnatý (NO)** a **oxid dusičitý (NO₂)** vznikajú tiež najmä spaľovacími procesmi. Najvýznamnejším zdrojom sú spaľovacie motory dopravných prostriedkov, kde vnika najmä NO ktorý podobne ako SO₂ podlieha následnej oxidácii za vzniku NO₂. Oba majú silne dráždivé účinky na sliznicu dýchacích ciest a ich chronické pôsobenie výrazne znižuje obranyschopnosť organizmu voči infekciám dýchacích ciest.

Prízemný ozón (O_3) predstavuje škodlivinu, ktorá vzniká z kyslíka (O_2) fotochemickými reakciami (UV žiarenie) za prítomnosti oxidov dusíka a iných škodlivín. Vzhľadom na silné oxidačné vlastnosti dráždi dýchacie cesty, spôsobuje poruchy pľúcnych funkcií a zmeny metabolizmu. Vede tiež ku vzniku ďalších nebezpečných sekundárnych škodlivín (pozri časť 1.3.1).

Oxidy uhlíka, t.j. **oxid uhoľnatý (CO)** a **oxid uhličitý (CO_2)** vznikajú podobne ako predchádzajúce oxidy spaľovacími procesmi: zdrojom CO sú hlavne výfukové plyny (vozidlá bez katalyzátorov), zdrojom CO_2 energetika (tepelné elektrárne) a doprava. Keďže sú oba bez zápachu a dráždivých účinkov, predstavujú zákerne pôsobiace škodliviny. Platí to najmä o CO , ktorý silnou väzbou na hemoglobín blokuje transport kyslíka v organizme. Už 0,16 % obsah CO vo vzduchu spôsobí silné bolesti hlavy, po 20 minútach zvracanie a po 2 hodinách smrť. Aj CO_2 môže spôsobiť smrť udusením, avšak pri podstatne vyšších koncentráciách, čo prichádza do úvahy v uzavretých alebo vyhlbených priestoroch (vínne pivnice, silážne jamy).

Uhl'ovodíky a ďalšie prchavé organické zlúčeniny tvoria rôznorodú a závažnú skupinu škodlivín, ktorých zdrojmi sú najmä chemicky priemysel a autodoprava. Majú nepriaznivé účinky na zdravie: karcinogenitu a mutagenitu (benzén, vinylchlorid, benzpyrén), teratogenitu (chlórované uhl'ovodíky), dráždivé účinky (formaldehyd). Väčšina týchto látok prejavuje tiež všeobecnú toxicitu.

1.3.3.2 TUHÉ ŠKODLIVINY

Táto skupina škodlivín sa tradične (vzhľadom na ich prevažne spoločný výskyt vo forme tuhých zmesí, ktoré tvoria v ovzduší aerosól, prípadne aj s kvapalnou zložkou) rozčleňuje nie podľa chemického zloženia, ale podľa veľkosti a tvaru častíc. Uvedené charakteristiky ovplyvňujú ich správanie sa v atmosfére, tiež zdravotné a ďalšie účinky daných látok.

Najrozšírenejšiu skupinu tvorí **prach** s následným rozlíšením:

Prašný spad – častice s aerodynamickým priemerom nad približne 10 μm . V gravitačnom poli Zeme prevažne sedimentujú. Pochádzajú najmä z pôdy.

Polietavý prach (celková polietavá prašnosť) je tvorený menšími časticami, ktoré zotrúvajú prevažne v atmosfére. So znižovaním rozmerov výrazne klesá rýchlosť ich sedimentácie a často je narušovaná vetrom. Polietavý prach pochádza najmä zo spaľovacích procesov v doprave, energetike, komunálnej sfére, tiež z technologických procesov. Vzhľadom na rôznu závažnosť zdravotných účinkov sa v polietavom prachu rozlišujú frakcie: **PM_{10}** – častice s aerodynamickým priemerom 10 μm a menej, ktoré po vdýchnutí prenikajú do horných dýchacích ciest, **$PM_{2,5}$** – jemné častice s aerodynamickým priemerom 2,5 μm a menej prenikajúce do pľúcnych alveol, **$PM_{0,1}$** – frakcia tvorená ultrajemnými časticami s aerodynamickým priemerom 0,1 μm a menej (nanočasticami) s možnosťou prenikania z pľúc do krvného obehu a odtiaľ do mnohých orgánov ľudského tela.

Zdravotné účinky uvedených škodlivín závisia hlavne od chemického zloženia daných častíc a vzhľadom na uvedený prienik do organizmu sa stupňujú so zmenšovaním rozmerov častíc. Za **toxický prach** sa považuje prach s významným obsahom nebezpečných prvkov

(As, Cd, Cr, Hg, Ni, F a pod.), **fibrogénny prach** je prach schopný vyvolať pľúcnu fibrózu, t.j. zvýšené bujnenie väziva v pľúcach (prach s významným obsahom SiO₂).

Popolček a **sadze** sú tuhé škodliviny pochádzajúce zo spaľovania. Kým popolček tvoria anorganické zlúčeniny (s významným zastúpením kovov najmä As, Ni, Mn, Cu, Zn), sadze tvorí prevažne uhlík, ktorý vďaka svojej pórovitej štruktúre môže na svojom povrchu absorbovať rôzne škodliviny vrátane polyaromatických uhľovodíkov (PAU) s karcinogénnym účinkom.

Vlákná sú častice, ktorých dĺžka je najmenej trojnásobná voči priemeru. Môžu byť inertné alebo toxické. Najväčšie riziko však predstavuje ich karcinogénne pôsobenie, dokázané najmä pri azbeste. Karcinogenita sa prejavuje aj pri ďalších minerálnych vláknach prírodného pôvodu. Pre podozrenie z možnej karcinogenity sú predmetom intenzívneho výskumu aj mnohé syntetické vlákna (uhlíkové, keramické, sklené, organické).

1.3.4 NÁSLEDKY ZNEČISTENIA OVZDUŠIA

Následky znečistenia ovzdušia sa prejavujú v rôznych oblastiach ako následky na populačnom zdraví – zdravotnom stave ľudí, ale tiež živočíchov, ako účinky na vegetáciu a na neživú prírodu. Z toho vyplýva existencia viacerých ciest – vplyvov znečistenia ovzdušia na človeka: popri priamom vplyve škodlivín na človeka tiež nepriamy vplyv prostredníctvom poškodených zložiek životného prostredia, napr. kontaminovanej vody, pôdy, potravinového reťazca.

Účinky na živé organizmy závisia od viacerých faktorov, hlavne od chemického zloženia kontaminantu, jeho koncentrácie vo vzduchu, veľkosti častíc kontaminantu, doby pôsobenia, od celkového stavu organizmu. Podľa okolností expozície môže dôjsť k akútne alebo chronickému poškodeniu organizmu. Akútne poškodenie vzniká pri krátkodobej expozícii vysokým koncentráciám toxických či dráždivých látok. Môže nastať pri priemyselných haváriách, ekologických katastrofách, prípadne pri veľmi zlých rozptylových podmienkach v atmosfére (smog uvedený v časti 1.3.1). Všeobecne dochádza k dráždeniu a poškodeniu dýchacích ciest, v špecifických prípadoch tiež k poškodeniu rôznych orgánov a systémov organizmu (oči, pokožka, kardiovaskulárny systém, nervový systém), prípadne až k usmrteniu organizmu. Pri katastrofách spojených s únikom rádioaktivity postihuje exponované subjekty choroba z ožiarenia. Konkrétne prípady uvádzaných následkov obsahuje tabuľka č. 1.

Znečistenie ovzdušia pôsobí negatívne na celú populáciu. Z nej však možno vyčleniť zvlášť citlivé populačné skupiny, u ktorých je riziko poškodenia zdravia vyššie:

- **deti** - trávia (pri porovnaní s dospelým) viac času vonku, kde majú, vzhľadom na fyzické aktivity, zvýšenú ventiláciu,
- majú intenzívnejší metabolizmus voči dospelým, čomu zodpovedá tiež vyššia relatívna respirácia (vzhľadom na 1 kg telesnej hmotnosti),
- ich imunitný systém ešte nie je plne vyvinutý,

- **starí ľudia** - všeobecne: ich obranyschopnosť voči negatívne pôsobiacim faktorom prostredia je už znížená,
- **chorí ľudia** - hlavne ľudia s chorobami dýchacieho systému, tiež ľudia trpiaci rôznymi alergiami,
- **ľudia pracujúci vonku** - práce vonku sú obyčajne spojené s vyššou fyzickou aktivitou a tým i respiráciou.

Tab. 1 Účinky znečistenia ovzdušia na človeka v havarijných situáciách (najznámejšie katastrofy vo svete)

P.č.	Rok	Lokalita	Počet		Škodlivina	Manifestácia klinického nálezu
			chorých	mŕtvych		
1.	1930	Údolie rieky Maasy, Belgicko	Prevažná časť obyvateľstva	63	Zlúčeniny síry a fluóru	Sliznice dýchacích ciest a očí, obehový systém
2.	1948	Donora, USA	6 000	20	Zlúčeniny síry	Sliznice dýchacích ciest a očí, obehový systém
3.	1952	Londýn, Anglicko (viackrát)	Prevažná časť obyvateľstva	4 000	Oxidy síry, dym	Dýchacie cesty, obehové ústrojenstvo
4.	Viackrát	Los Angeles, USA	Prevažná časť obyvateľstva	-	Fotochemický smog	Dýchacie cesty, oči
5.	1950	Posa Rica, Mexico	320	22	Sulfán	Dýchacie cesty
6.	1976	Seveso, Taliansko	Zdravotný stav obyvateľov sa monitoruje	-	Trichlórfenol, dioxín	Koža, tráviace ústrojenstvo
7.	1984	Bhopal, India	150 000	1 500	Metylizokyanát, kyanovodík	Oči, dýchacie cesty, CNS
8.	1986	Černobyl', ZSSR	Približne 350 000	Približne 9 000 (údaje sa rozchádzajú)	Rádioaktívne látky	Choroba z ožiarenia
9.	1995	VSŽ, Košice	300-400	11	Oxid uhoľnatý	Otrava CO
10.	2011	Fukušima, Japonsko	Zdravotný stav obyvateľov sa monitoruje	—	Rádioaktívne látky	Choroba z ožiarenia

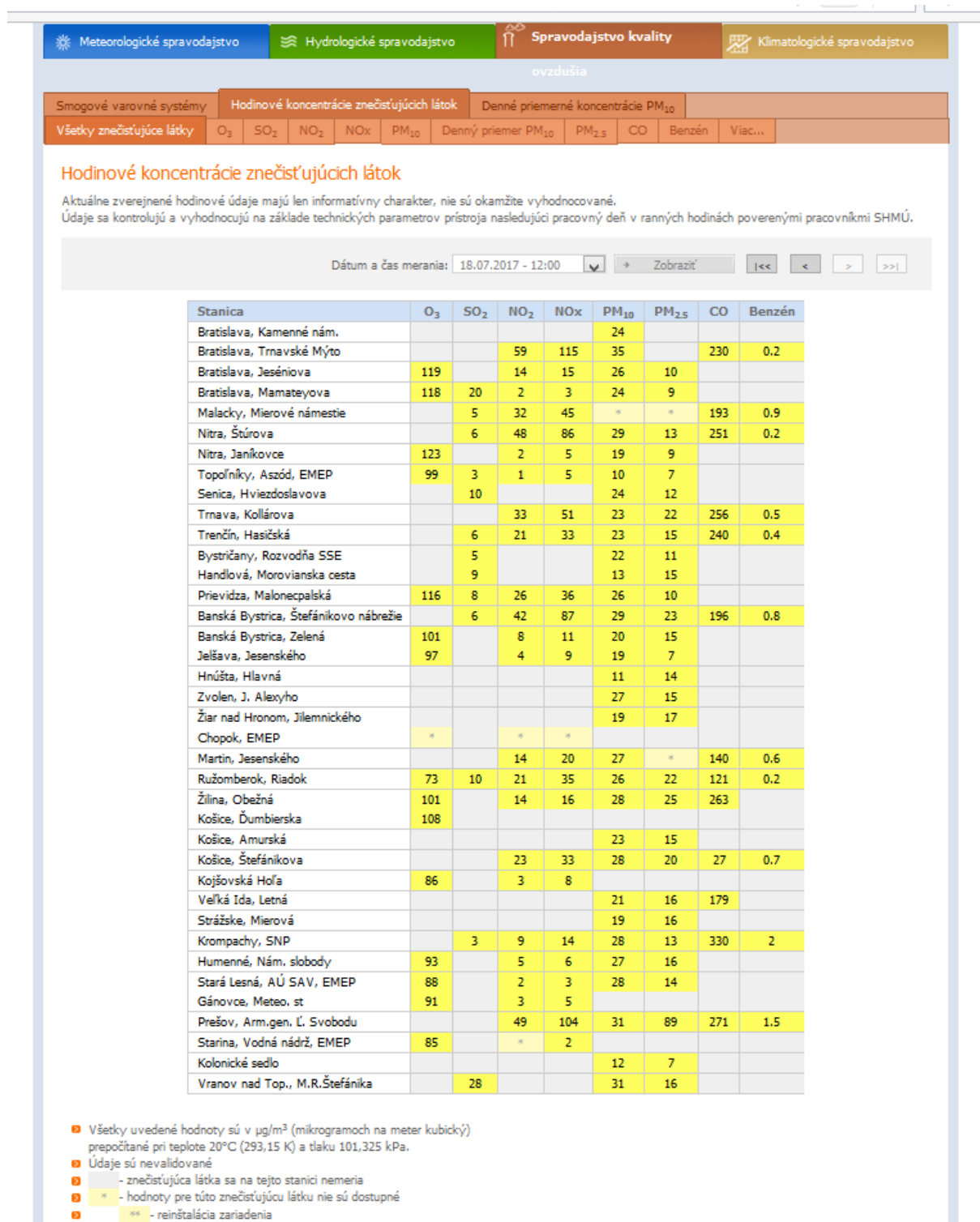
Zdroje: Ševčíková a kol.: Hygiena, HNONLINE,
International Atomic Energy Agency (IAEA): Chernobyl Nuclear Accident,
IAEA: The Fukushima Daiichi Accident.

Viacere štúdie (napr. štúdia CESAR realizovaná aj na Slovensku) potvrdili vplyv dlhodobej expozície znečistenému ovzdušiu, najmä prachovými časticami, na zvýšenie výskytu respiračných symptómov a ochorení u detí i u dospeléj populácie. Európska environmentálna agentúra (EEA) vo svojom dokumente zverejnenom 17. 1. 2017 okrem iného uvádza : *Znečistenie ovzdušia poškodzuje ľudské zdravie a životné prostredie. V Európe sa za posledné desaťročia podstatne znížili emisie mnohých znečisťujúcich látok, čo viedlo k zlepšeniu kvality ovzdušia v celom regióne. Koncentrácie znečisťujúcich látok sú však stále príliš vysoké a problémy s kvalitou ovzdušia pretrvávajú.*

1.3.5 MONITOROVANIE A HODNOTENIE ZNEČISTENIA OVZDUŠIA, LIMITY ZNEČISTENIA

Meranie úrovne znečistenia ovzdušia zabezpečuje na Slovensku Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ) Bratislava, ktorý prevádzkuje sieť automatických meracích staníc: tvorí ju 5 regionálnych (pozaďových) meracích staníc, ktoré sú umiestnené v prírodnom prostredí a 38 lokálnych meracích staníc, umiestnených prevažne v osídlených oblastiach. Ďalšie, doplnkové merania (manuálne krátkodobé merania) zabezpečujú príslušné regionálne ústavy verejného zdravotníctva v približne 350 lokalitách. SHMÚ v súčasnosti kontinuálne sleduje 8 kategórií kontaminantov ovzdušia, ako možno denne sledovať na príslušnej webstránke (obr. 7).

Pre hodnotenie a riadenie kvality ovzdušia sa zostavuje zoznam sledovaných znečisťujúcich látok, do ktorého v súčasnosti patria: oxid siričitý (SO_2), oxidy dusíka (NO_x) (vyčíslené spoločne ako NO_2), tuhé častice – frakcie PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$, olovo (Pb), ozón (O_3), benzén, polycyklické aromatické uhľovodíky (PAU) reprezentované benzo(a)pyrénom (BaP), kadmium (Cd), arzén (As), nikel (Ni). Pripravuje sa zaradiť tiež ortuť (Hg). V súčasnosti sa začína sledovať i prachová frakcia PM_1 (s aerodynamickým priemerom $1\text{ }\mu\text{m}$ a menej) a SHMÚ Bratislava pripravuje sledovanie nanočastíc v ovzduší, ktorým zodpovedá označenie $\text{PM}_{0,1}$ – častice s aerodynamickým priemerom $0,1\text{ }\mu\text{m}$ a menej. Pre tieto látky sú stanovené **limitné hodnoty** vyjadrujúce najvyššiu akceptovateľnú úroveň znečistenia ovzdušia. Legislatívny rámec monitorovania, hodnotenia a riadenia kvality ovzdušia tvorí vyhláška ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky o kvalite ovzdušia (vyhláška č. 244/2016 Z. z.). Limitné hodnoty z uvedenej vyhlášky obsahuje tab. 2.



Obr. 7 Hodinové koncentrácie znečisťujúcich látok – hodnoty zaznamenané automatickými meracími stanicami SHMÚ 18. 7. 2017 o 12. hodine.
Zdroj: http://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=oko_imis

Tab. 2 Limitné hodnoty na ochranu zdravia ľudí a termíny ich dosiahnutia

Znečisťujúca látka	Priemerované obdobie	Limitná hodnota
Častice PM ₁₀	1 deň	50 µg/m ³ sa nesmie prekročiť viac ako 35-krát za kalendárny rok
	kalendárny rok	40 µg/m ³
Častice PM _{2,5}	kalendárny rok	Do 1. januára 2020: 25 µg/m ³ Od 1. januára 2020: 20 µg/m ³
SO ₂	1 h	350 µg/m ³ sa nesmie prekročiť viac ako 4-krát za kalendárny rok
	1 deň	125 µg/m ³ sa nesmie prekročiť viac ako 3-krát za kalendárny rok
NO ₂	1 h	200 µg/m ³ sa nesmie prekročiť viac ako 18-krát za kalendárny rok
	kalendárny rok	40 µg/m ³
CO	Najväčšia denná 8-hodinová stredná hodnota ¹⁾	10 mg/m ³
Pb	kalendárny rok	0,5 µg/m ³
Benzén	kalendárny rok	5 µg/m ³

Poznámka:

¹⁾ Najväčšia denná 8-hodinová stredná koncentrácia sa vyberie preskúmaním 8-hodinových pohyblivých priemerov vypočítaných z hodinových údajov a aktualizovaných každú hodinu. Každý takto vypočítaný 8-hodinový priemer sa priradí ku dňu, v ktorom končí, t. j. prvým výpočtovým obdobím pre ktorýkoľvek jeden deň je obdobie od 17.00 hod. predchádzajúceho dňa do 1.00 hod. daného dňa; posledným výpočtovým obdobím pre ktorýkoľvek jeden deň je obdobie od 16.00 hod. do konca daného dňa.

Zdroj: Príloha č. 1B k vyhláške MŽP SR č. 244/2016 Z. z.

Daná vyhláška obsahuje tiež prípustné početnosti prekročenia limitných hodnôt, kritické úrovne znečistenia ovzdušia na ochranu vegetácie (tab. 3), cieľové hodnoty na ochranu zdravia ľudí a ochranu vegetácie (tab. 4. a 5.), podmienky meraní a hodnotenia nameraných údajov, zabezpečenie kvality monitorovania, požiadavky na umiestňovanie vzorkovacích miest (meracích staníc).

Tab. 3 Kritické úrovne znečistenia ovzdušia na ochranu vegetácie

Znečisťujúca látka	Priemerované obdobie	Kritická úroveň
SO ₂	Kalendárny rok a zimné obdobie od 1. októbra do 31. marca	20 µg/m ³
NO _x	Kalendárny rok	30 µg/m ³ NO _x

Zdroj: Príloha č. 2 k vyhláške MŽP SR č. 244/2016 Z. z.

Vzorkovacie miesta zamerané na hodnotenie kvality vonkajšieho ovzdušia vo vzťahu k **ochrane zdravia ľudí** sa umiestňujú tak, aby poskytovali údaje o úrovniach znečistenia ovzdušia v oblastiach (zónach, aglomeráciách), kde sa vyskytujú najvyššie koncentrácie, ktorým môže byť vystavené obyvateľstvo

Vzorkovacie miesta zamerané na hodnotenie kvality vonkajšieho ovzdušia vo vzťahu k **ochrane vegetácie a prírodných ekosystémov** sa umiestňujú viac ako 20 km od aglomerácií alebo viac ako 5 km od ostatných potenciálnych zdrojov znečistenia.

Tab. 4 Cieľové hodnoty pre arzén, kadmium, nikel a benzo(a)pyrén na ochranu zdravia ľudí a vegetácie

Znečisťujúca látka	Priemerované obdobie	Cieľová hodnota ¹⁾
As	1 kalendárny rok	6 ng/m ³
Cd	1 kalendárny rok	5 ng/m ³
Ni	1 kalendárny rok	20 ng/m ³
BaP	1 kalendárny rok	1 ng/m ³

Poznámka:

¹⁾ Pre celkový obsah vo frakcii častíc PM₁₀ priemerne za kalendárny rok.

Zdroj: Príloha č. 3, časť I. k vyhláške MŽP SR č. 244/2016 Z. z.

Tab. 5 Cieľová hodnota a dlhodobý cieľ pre ozón vzhľadom na ochranu zdravia ľudí

Účel	Priemerované obdobie	Úroveň
Cieľová hodnota na ochranu zdravia	najväčšia denná 8-hodinová stredná hodnota	120 µg/m ³ sa neprekročí viac ako 25 dní za kalendárny rok v priemere troch rokov
Dlhodobý cieľ na ochranu zdravia	najväčšia denná 8-hodinová stredná hodnota v kalendárnom roku	120 µg/m ³

Zdroj: Príloha č. 3, časť II. k vyhláške MŽP SR č. 244/2016 Z. z.

1.3.6 OCHRANA OVZDUŠIA PRED ZNEČISTENÍM

Ochrana ovzdušia je legislatívne zakotvená v zákone č. 137/2010 o ovzduší (v znení neskorších predpisov s účinnosťou od 1.1.2016).

Ochranné opatrenia predstavujú súbor opatrení, ktorých cieľom je eliminovať alebo aspoň minimalizovať nepriaznivé účinky škodlivín v ovzduší. Daný cieľ možno dosiahnuť hlavne opatreniami, ktoré vedú k znižovaniu množstva škodlivín vypúšťaných do atmosféry

(emisíí), ďalej opatreniami podporujúcimi samočistiace procesy v atmosfére a opatreniami pre minimalizovanie expozície obyvateľstva kontaminovanému ovzdušiu.

K znižovaniu množstva emisíí slúžia technologické a technické opatrenia. Najlepšiu možnosť predstavuje zavádzanie bezodpadových technológií s uzatvoreným výrobným cyklom. K technickým opatreniam patrí: zavádzanie a využívanie odlučovacích zariadení, ktoré rôznymi spôsobmi (mechanicky, elektrostaticky, absorpciou, adsorpciou) oddeľujú z vypúšťaných médií rôzne škodliviny. Pri oxidovateľných škodlivinách existuje tiež možnosť ich zneškodnenie spaľovaním. Sem možno zaradiť i použitie katalyzátorov pre zmenu zloženia výfukových plynov dopravných prostriedkov so spaľovacím motorom.

Pri prechode výfukových plynov katalyzátorom dochádza k cyklu chemických reakcií, pri ktorých z najškodlivejších zložiek výfukových plynov - oxidy dusíka (NO_x), oxid uhoľnatý (CO) a nespálené zvyšky uhľovodíkov (CH_x) vznikajú neškodné alebo oveľa menej škodlivé produkty: dusík (N_2), voda (H_2O) a oxid uhličitý (CO_2). Pri optimálnych pracovných podmienkach katalyzátora sú tým najnebezpečnejšie škodliviny eliminované, pri iných podmienkach aspoň významne znížené.

K ďalším technickým opatreniam patria stavba vysokých komínov, umožňujúcich rozptyl škodlivín do väčších priestorov a odklon tranzitnej cestnej dopravy mimo husto osídlených zón. Hoci tým nedôjde k zníženiu celkového množstva emitovaných škodlivín, výsledný efekt opatrení – zníženie nepriaznivých účinkov škodlivín na ľudí a životné prostredie sa dosiahne spolupôsobením dvoch mechanizmov:

- rozptylom dôjde k zníženiu imisíí, teda koncentrácie škodlivých látok,
- predĺži sa časový interval medzi vznikom škodliviny a jej kontaktom s exponovaným subjektom, čo vedie k určitému poklesu negatívnych účinkov mnohých škodlivín.

Podľa výskumov z posledných rokov je určitý podiel škodlivín emitovaných do atmosféry (najmä z dopravy a iných spaľovacích procesov) vo forme nanočastíc, čo im dodáva špecifické vlastnosti: na jednej strane vysokú chemickú reaktivitu a schopnosť prakticky bez obmedzenia prenikať do krvného obehu organizmov (čím sa stávajú toxikologicky najvýznamnejšou zložkou) a na druhej strane relatívne nízku životnosť, nakoľko stabilita takýchto nanočastíc, vzhľadom na uvedenú reaktivitu, nie je vysoká (neplatí to však pre všetky nanočastice bez ohľadu na ich pôvod).

K hygienickým a legislatívnym opatreniam na ochranu ovzdušia pred znečistením patrí stanovenie prípustných koncentrácií škodlivých látok v atmosfére (limitné kontroly uvedené v časti 1.3.5), stanovenie emisných limitov, ktoré vyjadrujú najvyššiu prípustnú mieru vypúšťania znečisťujúcej látky do ovzdušia zo stacionárneho zdroja (vyhláška Ministerstva životného prostredia SR č.410/2012 Z. z. nadväzujúca na zákon o ovzduší s účinnosťou od 1. 10. 2016), stanovenie povinnosti emisných kontrol mobilných zdrojov škodlivín – dopravných prostriedkov (zákon č. 725/2004 Z. z. o podmienkach prevádzky vozidiel v premávke na pozemných komunikáciách, v znení neskorších predpisov s účinnosťou od 1. 7. 2016 – zákon bol prijatý na základe smernice 96/96/ES o kontrolách technického stavu vozidiel platnej pre všetky členské štáty EU).

K ďalším hygienickým a legislatívnym opatreniam patrí stanovenie ochranných pásiem okolo zdrojov znečistenia, definovanie oblastí vyžadujúcich osobitnú ochranu ovzdušia ako

sú kúpeľné miesta, národné parky a pod. (v zmysle zákona o ovzduší), zriaďovanie nízkoemisných zón v takýchto oblastiach i v oblastiach s vysokou hustotou osídlenia.

Výkon štátnej správy v oblasti ochrany ovzdušia riadi Ministerstvo životného prostredia SR, ktoré tiež zabezpečuje spoluprácu v tejto oblasti s príslušnými organizáciami členských štátov EU.

Orgánmi ochrany ovzdušia sú:

- a.) ministerstvo,
- b.) inšpekcia,
- c.) okresné úrady v sídle kraja,
- d.) okresné úrady,
- e.) obce.

Vývoj emisnej situácie na Slovensku za posledné štvrtstoročie dokumentuje tabuľka č. 6, ktorá uvádza emisie základných škodlivín v časovom horizonte rokov 1990 – 2015. Z tabuľky vidno evidentný pokles množstiev emisií, čo vytvára dobré predpoklady pre zlepšenie kvality ovzdušia na Slovensku.

Tab. 6 Celkové emisie základných znečisťujúcich látok v SR v rokoch 1990 – 2015

Emisie podľa škodliviny	Množstvo emisií (tis. ton)				
	1990	1999	2008	2012	2015
Tuhé znečisťujúce látky	320,994	61,375	35,918	36,511	37,279
SO ₂	569,002	172,499	73,260	61,787	71,422
NO _x	226,622	120,811	101,002	86,729	86,212
CO	491,028	316,813	250,052	227,970	230,599

Zdroje: roky 1990, 1999: Ministerstvo životného prostredia, 2009 (In: ŠULCOVÁ, M., ČIŽNÁR, I., FABIANOVÁ, E. a kol.: Verejné zdravotníctvo),
roky 2008, 2012, 2015: SHMÚ, Celkové emisie znečisťujúcej látky vykazované pod CLRTAP, 2008, (2012), (2015).

2. VODA

Voda je najrozšírenejšou látkou na Zemi a základnou zložkou životného prostredia. Jej význam najstručnejšie vyjadruje príslovia : „Bez vody nie je život.“ Vyskytuje sa na Zemi vo všetkých troch skupenstvách pričom tvorí samostatnú sféru – hydrosféru.

2.1 VÝSKYT, VÝZNAM, VLASTNOSTI A ROZDELENIE VODY

2.1.1 HYDROSFÉRA

Hydrosféru tvorí voda prítomná na Zemi bez ohľadu na svoje skupenstvo. Najrozšírenejšou formou vody je slaná voda oceánov a morí (97,1% všetkej vody), zvyšok (2,9%) je sladká voda na kontinentoch a v ovzduší. Väčšina tejto vody (77%) sa nachádza v tuhom skupenstve v polárnych a vysokohorských ľadovcoch.

Vplyvom slnečnej energie a zemskej gravitácie je voda v neustálom obehu meniac pritom svoje skupenstvo a polohu.

Kolobeh vody zahŕňa odparovanie vody z vodných plôch (najmä oceánov), povrchu Zeme a vegetácie, premiestňovanie vodných pár (atmosférickej vody v plynnom skupenstve) vplyvom vetra a ich kondenzáciu pod teplotou rosného bodu, po ktorej sa voda formou zrážok (dážď, sneh ...) dostáva na zemský povrch. Približne 50% zrážkovej vody vsiakne do pôdy, kde je využitá rastlinami, alebo sa znova odparí, asi 10% presiakne pôdou do hlbších vrstiev Zeme čím vytvára zásoby podzemnej vody a asi 40% zrážkovej vody dopadne a zmieša sa s povrchovou vodou oceánov a iných vodných plôch. Podzemná voda sa prameňmi dostáva na zemský povrch, kde sa (prevažne po transporte riekami do morí) opäť odparuje, čím sa cyklus opakuje.

Kolobeh vody zasahuje celú planétu, jeho intenzita je však priestorovo i časovo veľmi nerovnomerná, čoho dôsledkom je existencia extrémne suchých oblastí (púšte) a postupné narastanie problémov s dostupnosťou vody i mimo púští (v oblastiach s prudkým nárastom populácie). Globálne otepľovanie síce prináša zvýšené vyparovanie vody z oceánov a iných plôch, vyššia teplota atmosféry však súčasne vedie k extrémnejším prejavom počasia vrátane nerovnomerného rozdelenia zrážok: suché oblasti ostávajú suchými a vlhké trpia ešte väčším nadbytkom zrážok.

2.1.2 VÝZNAM VODY

S vodou súvisí vznik, vývoj a existencia života na Zemi, čo sa odzrkadľuje aj v zložení rastlín a živočíchov – rastliny obsahujú asi 85 až 90% vody, človek približne 50-75% (v závislosti od veku, starnutím obsah vody klesá). V ľudskom organizme má viacero funkcií, ako rozpúšťanie a transport živín, účasť na látkovej premene a vylučovaní odpadových látok. Organizmus človeka stráca denne rôznymi cestami priemerne 2,5 l vody – toto množstvo potrebuje i prijať (hlavne vo forme nápojov a potravín). Kým bez potravy vydrží ľudský organizmus asi 40 dní, bez vody maximálne 4 dni.

Ďalšia potreba vody sa viaže na osobnú hygienu človeka, práce v domácnosti, rekreáciu a šport. Voda má nezastupiteľnú úlohu pri zabezpečení výživy ľudstva – pestovanie rastlín a chov zvierat, je potrebná pre priemyselnú výrobu, dopravu, výrobu energie. Voda spoluvytvára vhodné mikroklimatické pomery pre zdravý vývin človeka a ovplyvňuje jeho psychiku svojou estetickou a kultúrnou funkciou.

O význame vody pre človeka a životné prostredie svedčí i prijatie Európskej charty o vode, ktorá bola vyhlásená v r. 1968 v Štrasburgu:

1. *Bez vody niet života. Je hodnotou, ktorá je pre akúkoľvek ľudskú činnosť nenahraditeľná.*
2. *Zásoby sladkej vody nie sú nevyčerpatel'né. Treba ich chrániť, rozumne s nimi nakladať o podľa možnosti rozmnožovať.*
3. *Znečisťovanie vody je škodlivé pre človeka i ostatné živé tvory, ktoré od nej závisia.*
4. *Kvalitu vody treba udržiavať na takej úrovni, aby ju bolo možné použiť na požadované účely a najmä aby spĺňalo príslušné zdravotnícke normy.*
5. *Použitá voda po navrátení do spoločného zdroja nesmie mať nepriaznivý vplyv na možnosť jeho ďalšieho využívania na verejné alebo súkromné účely.*
6. *Zásadný význam pre zachovanie vodných zdrojov má udržiavanie primeraného rastlinného krytu pôdy, predovšetkým lesných porastov.*
7. *Vodné zdroje musia byť sledované a vyhodnocované.*
8. *V záujme zosúladenia krátkodobých a dlhodobých cieľov je potrebné, aby príslušné úrady vypracúvali plány racionálneho hospodárenia s vodnými zdrojmi.*
9. *Ochrana vody si vyžaduje zintenzívnenie vedeckého výskumu, výchovy odborníkov a informovanie verejnosti.*
10. *Voda je spoločným dedičstvom, ktorého hodnotu musia uznávať všetci. Každý je povinný využívať vodu starostlivo a hospodárne.*
11. *Hospodárenie s vodnými zdrojmi by malo byť organizované podľa prirodzených povodí, nie podľa politických alebo administratívnych celkov.*
12. *Voda nepozná hranice: ako spoločný zdroj si vyžaduje medzinárodnú spoluprácu.*

2.1.3 VLASTNOSTI VODY

Voda sa svojimi vlastnosťami výrazne odlišuje od iných chemických látok s podobnou veľkosťou molekúl. Jej výnimočné vlastnosti podmienili existenciu života na Zemi v dnešnej podobe. Tieto vlastnosti sú dané chemickým zložením a štruktúrou: vzhľadom na polaritu chemických väzieb v molekule vody a jej priestorové usporiadanie v tvare rovnoramenného trojuholníka je molekula vody silne polárna (má na koncoch elektrické náboje). Z toho následne vyplýva vznik vodíkových mostíkov medzi molekulami vody, vďaka ktorým:

- je voda za normálnych podmienok kvapalina a nie plyn,
- voda pri prechode do tuhého skupenstva zväčšuje svoj objem (ľad pláva na vode - zásadný význam pre život vo vode),
- má voda najväčšiu hustotu (mernú hmotnosť) pri 4°C, pri iných látkach s teplotou hustota

postupne klesá.

Z polárnej štruktúry molekuly vody vyplýva i jej rozpúšťacia schopnosť pre iónové zlúčeniny a kovalentné polárne zlúčeniny, ktoré spolu v prírode prevažujú nad nepolárnymi zlúčeninami: voda je najuniverzálnejšie rozpúšťadlo.

Veľmi malá časť molekúl vody je disociovaná na ióny H^+ a OH^- , pričom súčin ich mólových koncentrácií je konštantný. Ak sa jedna koncentrácia zvýši, druhá klesne. Koncentrácia H^+ sa uvádza v logaritmickom vyjadrení (záporný dekadický logaritmus) ako **reakcia vody pH**. V chemicky čistej vode sú koncentrácie H^+ a OH^- rovnaké, $pH = 7$. Ak sa zmení pH na 6, bude iónov H^+ desaťkrát viac a iónov OH^- desaťkrát menej voči čistej vode; každá zmena pH o 1 znamená desaťnásobnú zmenu koncentrácie, zmena o 2 stonásobnú atď. S poklesom pH pod 7 rastie kyslosť, s nárastom nad 7 zásaditosť. Vodným organizmom zvyčajne najviac vyhovuje $pH = 7$.

K vlastnostiam vody, významným z verejnozdavotného hľadiska patria okrem chemických vlastností (ktoré sú uvádzané pri jednotlivých kategóriách vody v nasledujúcich častiach) jej fyzikálne a senzorické vlastnosti, najmä teplota, farba, zákal, zápach a chuť.

Teplota vody výrazne ovplyvňuje jej ďalšie významné vlastnosti: nárast teploty o $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ približne dvojnásobne zvyšuje rýchlosť chemických a biochemických reakcií (napr. samočistenie vody), životné pochody vo vode, čo platí i opačne. Existujú samozrejme teplotné limity pre priebeh uvedených procesov. Teplota vody závisí od mnohých faktorov, najmä od príjmu slnečnej energie a energie z okolia v porovnaní s výdajom tepelnej energie do okolia a na zmenu skupenstva (vyparovanie).

Farba vody je fyzikálnym indikátorom jej čistoty. Čistá voda je bezfarebná, v hrubých vrstvách je však jej farba blankytne modrá. Rozpustené znečisťujúce látky spôsobujú jej zafarbenie i v tenkej vrstve, napr. zlúčeniny železa spôsobujú (podľa množstva) žltú až červenohnedú farbu. Zelené ale i iné sfarbenie môže spôsobovať prítomný fytoplanktón.

Zákal vody spôsobujú nerozpustné látky, ktoré sú vo forme drobných častočiek rozptýlené vo vode. Podobne ako farba je tiež výrazným indikátorom čistoty vody.

Zápach vody pochádza z prítomných prchavých látok, ktoré sa môžu takto prejavíť i pri extrémne nízkej koncentrácii (napr. sulfán H_2S). Zápach často upozorňuje na prítomnosť nežiadúcich látok a biochemických procesov.

Chuť vody môže byť ovplyvnená jej zápachom. Výrazne ju tiež ovplyvňujú prítomné rozpustené látky, napr. soli horčíka (ako $MgSO_4$) vo vyššej koncentrácii spôsobujú horkú chuť, soli železa, mangánu, zinku – kovová chuť. Vápnik svojou prítomnosťou pozitívne ovplyvňuje chuť vody – tvrdá voda je chutnejšia ako mäkká. Z rozpustených plynov výrazne ovplyvňuje chuť oxid uhličitý – ostrá chuť.

Tvrdosť vody spoluvytvárajú soli vápnika a horčíka. Za optimálny pomer obsahu týchto prvkov v pitnej vode sa považuje 3:1 až 4:1. Pri tvrdosti vody sa rozlišuje prechodná tvrdosť a trvalá tvrdosť. Prechodnú tvrdosť spôsobujú hydrogénuhličitany uvedených prvkov a možno ju odstrániť varom, kedy vznikajú nerozpustné zlúčeniny: uhličitán vápenatý a oxid horečnatý (spolu tvoria kotoľný kameň). Trvalú tvrdosť spôsobuje prítomnosť ďalších solí (hlavne síranov) vápnika a horčíka, táto sa varom neodstráni.

2.1.4 ROZDELENIE VODY PODĽA PÔVODU

Jedným z kritérií rozdeľovanie vody je jej **pôvod**, na základe ktorého delíme vodu na zrážkovú, povrchovú a podzemnú.

2.1.4.1 ZRÁŽKOVÁ VODA

Je to pôvodne plynná atmosférická voda, ktorá kondenzáciou zmenila skupenstvo na kvapalné alebo tuhé a vo forme kvapalných zrážok (dážď) alebo tuhých (sneh, krúpy) padá na zemský povrch. Dotykom so zemským povrchom či vodnou plochou sa stáva povrchovou vodou. Vlastnosti zrážkovej vody sú významne ovplyvnené jej pôvodom: je veľmi mäkká, zvyčajne obsahuje len malé množstvo rozpustených látok (do 30 mg/l), s ktorými prišla do kontaktu pri prechode vrstvou vzduchu. Jej zloženie sa preto významne líši v závislosti od čistoty ovzdušia. Má zvyčajne nízke pH, najmä v priemyselných oblastiach, kde obsahuje slabé kyseliny vytvorené z pohltených oxidov síry, dusíka a oxidu uhličitého. Všeobecne sa nehodí na pitie, jej núdzové použitie však neprináša veľké riziká. Ročný priemer zrážok na území Slovenska je približne 700 mm, najviac zrážok je v horských oblastiach.

2.1.4.2 POVRCHOVÁ VODA

Povrchová voda je všetka voda, ktorá sa vyskytuje na zemskom povrchu – bez ohľadu na jej pôvod (z atmosféry alebo z podzemia). Všeobecne sa rozdeľuje na tečúcu (vodné toky) a stojatú, pričom každú skupinu môžeme ďalej rozdeliť podľa prirodzeného alebo antropogénneho pôvodu:

- vody tečúce - prírodné: potoky, rieky, veľtoky,
 - umelé: prieplavy a iné umelé toky,
- vody stojaté - prírodné: oceány, moria, jazerá, močiare,
 - umelé: priehrady, rybníky, nádrže.

Zloženie povrchovej vody je veľmi premenlivé, pohybuje sa od veľmi čistej vody až po veľmi silne znečistenú. Znečistenie najčastejšie pochádza z antropogénnej činnosti. Pri porovnaní so zrážkovou vodou má zvyčajne vyšší obsah anorganických i organických látok, ktoré prijíma pri kontakte s povrchovými pôdnymi útvarmi. Zloženie povrchovej vrstvy pôdy a stupeň jej znečistenia významne ovplyvňuje výslednú kvalitu povrchovej vody. Pre určenie kvality povrchovej vody sa používa celý rad chemických a biologických indikátorov, z ktorých najvýznamnejšie sú:

- indikátory kyslíkového režimu (obsah rozpustného kyslíka, biochemická a chemická spotreba kyslíka),
- indikátory chemického zloženia (obsah soli, ťažkých a ďalších kovov, amónnych iónov, ropných látok, detergentov, pesticídov ...),
- reakcie vody (pH) a niektoré fyzikálne vlastnosti,
- indikátory rádioaktivity,

- mikrobiologické a biologické indikátory (prítomnosť rôznych baktérií, ďalších živých organizmov, siníc, rias ...).

Ako zdroj pitnej vody sa povrchová voda s vyhovujúcou kvalitou používa v prípade nedostatku podzemnej vody. Najčastejšie sa však používa v poľnohospodárstve na závlahy, pri chove rýb, vodnej doprave a v priemysle ako prevádzková (technologická) voda.

Legislatívu v oblasti kvality povrchovej vody reprezentuje nariadenie vlády SR č. 269/2010 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd (v znení neskoršieho predpisu s účinnosťou od 1. 1. 2013). Nariadenie obsahuje v prílohách tabuľky s kvalitatívnymi ukazovateľmi pre povrchovú vodu v členení:

- požiadavky na kvalitu povrchovej vody (všeobecne),
- povrchové vody určené na odber pre pitnú vodu,
- povrchové vody určené na závlahy,
- povrchové vody vhodné pre život a reprodukciu pôvodných druhov rýb,
- limitné hodnoty pre odpadové vody vypúšťané do povrchových vôd.

Práva a povinnosti fyzických a právnických osôb k vodám a nehnuteľnostiam, ktoré s nimi súvisia upravuje zákon o vodách č. 364/2004 Z.z. (v znení neskorších predpisov s účinnosťou od 1. 12. 2016.)

2.1.4.3 PODZEMNÁ VODA

Podzemná voda predstavuje vodu, ktorá buď preniká pod povrch zeme a nahromadila sa na nepriepustnom podloží (vadózne vody) alebo sa vytvorila v podzemí chemickými reakciami (juvenilné vody). Výraznú väčšinu zásob podzemnej vody predstavujú vadózne vody.

Zloženie podzemných vôd ovplyvňuje viacero faktorov, najmä pôvodné zloženie presakujúcej vody, zloženie pôdných a geologických vrstiev, ktorými voda preteká, rýchlosť presakovania cez jednotlivé vrstvy. Počas kontaktu vody s jednotlivými vrstvami dochádza k rôznym fyzikálnym, chemickým a biochemickým procesom: v pôde je to vylúhovanie a rozpúšťanie rôznych organických i anorganických látok, súbežne i aeróbny biochemický rozklad organických látok a nitrifikácia. V hlbších vrstvách bez prítomnosti vzduchu prebieha ďalšie rozpúšťanie anorganických látok (hlavne solí) a anaeróbne procesy – časť síranov prítomných vo vode sa redukuje na sulfidy a sulfán (H_2S), časť dusičnanov na dusitany a amoniak. Prechádzajúc rôznymi vrstvami sa voda zbavuje nečistôt (filtráciou, adsorpciou), čím sa stáva bezfarebnou, čírou, bez sedimentov. Rozpusťné anorganické látky zvyšujú jej tvrdosť a zlepšujú chuť. Teplota podzemnej vody sa zvyčajne pohybuje v intervale 8-12°C. Ak prechádzala hlbšími geologickými vrstvami, jej teplota môže byť vyššia a považuje sa za **termálnu** (nad 20 °C). Vzhľadom na tieto a ďalšie vlastnosti (uvedené v časti Požiadavky na kvalitu pitnej vody) je podzemná voda všeobecne najvhodnejšia na pitie. V špecifických prípadoch však môže obsahovať významné množstvo látok ohrozujúcich zdravie - napr. ťažké kovy.

Minerálna voda bola v minulosti definovaná ako podzemná voda s obsahom rozpustných tuhých látok alebo oxidu uhličitého nad 1000 mg/l. Súčasná legislatíva – vyhláška Ministerstva zdravotníctva SR č. 100/2006 Z. z. (v znení neskoršieho predpisu účinná od 1. 7. 2013) rozlišuje pojmy **prírodná liečivá voda** a **prírodná minerálna voda**. Nie je pritom rozhodujúci obsah rozpustených látok v danej vode (hoci väčšinou býva vyšší ako 1000 mg/l), ale jej pôsobenie – fyziologické účinky na ľudský organizmus, tiež jej prírodný pôvod, stálosť zloženia a teploty.

Prírodná liečivá voda je podľa uvedenej vyhlášky mikrobiologicky bezchybná podzemná voda, ktorá je vzhľadom na svoje zloženie vhodná na liečenie a jej zloženie je stabilné. Nemusí mať vysoký obsah minerálov, stačí ak obsah niektorých biomedicínsky významných zložiek (napr. sulfán H_2S , fluoridový ión F^- , jodidový ión I^-) prevyšuje 1 mg/l. Takáto voda nie je všeobecne vhodná na pravidelné pitie, jej príjem (druh, množstvo) sa odporúča konzultovať s lekárom.

Prírodná minerálna voda je mikrobiologicky bezchybná podzemná voda s pôvodným a stabilným zložením, ktorá priaznivo pôsobí na ľudský organizmus a je v primeranom množstve vhodná ako nápoj. Tejto kategórii vody zodpovedá i starší zaužívaný názov stolová minerálna voda, teda voda vhodná na pravidelné pitie. Odporúča sa však pritom striedať jednotlivé druhy.

2.1.5 ROZDELENIE VODY PODĽA POUŽITIA

2.1.5.1 PITNÁ VODA

Pitná voda je voda určená na ľudskú spotrebu v jej pôvodnom stave alebo po úprave, ktorá sa používa na pitie, varenie, prípravu potravín, alebo na iné domáce účely, bez ohľadu na jej pôvod a na to, či bola dodaná z rozvodnej siete, cisterny alebo ako voda balená do spotrebiteľského balenia a voda používaná v potravinárskych podnikoch pri výrobe, spracovaní, konzervovaní alebo predaji výrobkov alebo látok určených na ľudskú spotrebu.

Pitná voda je zdravotne bezpečná ak:

- a) neobsahuje žiadne mikroorganizmy, parazity a ani látky, ktoré v určitých množstvách alebo koncentráciách predstavujú riziko ohrozenia zdravia ľudí akútnym, chronickým alebo neskorým pôsobením a ktorej vlastnosti vnímateľné zmyslami nezabraňujú jej požívaniu alebo používaniu, a*
- b) spĺňa limity ukazovateľov kvality pitnej vody podľa všeobecne záväzného právneho predpisu.*

(Definícia pitnej vody, ako ju uvádza zákon č. 150/2017 Z. z. s účinnosťou od 15. 10. 2017, ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia).

Ďalším všeobecne záväzným právnym predpisom v tejto oblasti je vyhláška Ministerstva zdravotníctva SR č. 247/2017 Z. z. s účinnosťou od 15. 10. 2017, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o kvalite pitnej vody, kontrole kvality pitnej vody, programe monitorovania a manažmente rizík pri zásobovaní pitnou vodou.

Čistá pitná voda v dostatočnom množstve tvorí jeden z nosných pilierov populačného zdravia, čo platí univerzálne na celom svete, bez ohľadu na miestne odlišnosti. Jej hodnota je nevyčísliteľná, ako vidno na príkladoch z oblastí postihnutých jej nedostatkom, ktorý vedie k rozvoju mnohých chorôb a k chudobe. Slovensko má v súčasnosti pitnej vody dostatok, hoci využíva len časť svojich zdrojov. Toto môže zvädzať k nezodpovednému prístupu k vode s negatívnymi následkami pre budúce generácie. Ochrana celej hydrosféry je preto mimoriadne dôležitá a jej závažnosť v súčasnosti ešte rastie vzhľadom na celosvetové klimatické zmeny.

2.1.5.2 ÚŽITKOVÁ VODA

Za úžitkovú vodu sa tradične považuje voda, ktorá nie je určená na pitie a prípravu stravy. Jej hlavným použitím je osobná hygiena, pranie, udržiavanie čistoty v domácnostiach i mimo nich.

Súčasná legislatíva nedefinuje úžitkovú vodu ako samostatnú kategóriu. V zákone č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia (v znení neskorších predpisov s účinnosťou od 15. 10. 2017) sú definované len kategórie vody *pitná voda* a *voda určená na kúpanie*, ktorú využívajú kúpajúci sa na prírodných a umelých kúpaliskách.

Zákon č. 355/2007 uvádza, že teplú vodu dodávanú systémom hromadného zásobovania okrem technologickej vody možno vyrábať len z pitnej vody. Ďalej uvádza, že výrobky určené na styk s pitnou vodou (vrátane jej úpravy) nesmú do nej uvoľňovať látky v množstvách, ktoré by mohli ohroziť zdravie ľudí alebo nepriaznivo ovplyvniť jej senzorické vlastnosti. Pri použití technológie znižujúcej tvrdosť vody je tiež nevyhnutné dodržať najmenej odporúčanú hodnotu obsahu vápnika a horčíka vo vode.

Pri príprave teplej vody dodávanej systémom hromadného zásobovania sa voda upravuje – znižuje sa jej tvrdosť, aby nedochádzalo k tvorbe vodného kameňa v teplovodnom systéme. Takáto voda síce neohrozuje zdravie pri náhodnom alebo občasnom požití či príprave stravy, nie je však určená na takéto použitie. Preto sa v praxi zvyčajne označuje ako teplá úžitková voda (TUV).

2.1.5.3 VODA URČENÁ NA KÚPANIE

Rekreačné kúpanie a vodné športy patria medzi všeobecne obľúbené pohybové aktivity ľudí, ktoré okrem pozitívneho psychického pôsobenia prispievajú významnou mierou k podpore a rozvoju zdravia. Voda v prírodných i umelých kúpaliskách však môže byť, vzhľadom na ich hromadnú návštevnosť, zdrojom rôznych nákaz. Preto je potrebná dôsledná kontrola vybavenosti a prevádzky areálov, laboratórne overovanie kvality vody a epidemiologické sledovanie výskytu súvisiacich ochorení.

Podľa zákona č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia ***voda určená na kúpanie*** je *akákoľvek povrchová voda, ktorá je vyhlásená podľa osobitného predpisu (vyhlasuje okresný úrad v sídle kraja v súčinnosti s orgánom štátnej vodnej správy) a ktorú využíva veľký počet kúpajúcich sa a nebol na ňu vydaný trvalý zákaz kúpania alebo*

trvalé odporúčanie nekúpať sa; veľký počet kúpajúcich sa posudzuje úrad verejného zdravotníctva s ohľadom najmä na vývoj z minulosti, vybudovanú infraštruktúru alebo zariadenia a opatrenia prijaté na podporu kúpania v minulosti.

Prírodné kúpalisko je vyznačená prírodná vodná plocha využívaná na kúpanie a s ňou súvisiace prevádzkové plochy a zariadenia, ktoré majú prevádzkovateľa; prírodným kúpaliskom je aj voda určená na kúpanie, ktorá má prevádzkovateľa.

Umelé kúpalisko je krytá stavba alebo nekrytá stavba so súborom zariadení využívaných na kúpanie a s ním súvisiace prevádzkové plochy.

Požiadavky na kvalitu vody na prírodnom kúpalisku i umelom kúpalisku (ako i ďalšie požiadavky súvisiace s prevádzkou, vybavením a pod.) stanovuje vyhláška Ministerstva zdravotníctva SR č. 308/2012 Z. z.. Vyhláška pritom rozlišuje 3 kategórie kúpalísk s diferencovanými požiadavkami na kvalitu vody :

- prírodné kúpalisko,
- biokúpalisko,
- umelé kúpalisko.

Pri biokúpalisku sa ďalej rozlišujú:

- požiadavky na kvalitu vody zo zdroja na biokúpalisku,
- požiadavky na kvalitu vody na biokúpalisku.

Požiadavky na odber vzoriek vody, ukazovatele kvality vody, rozsah a početnosť kontrol kvality vody, ktoré platia pre umelé kúpalisko sa primerane uplatňujú aj na bazény v zariadeniach poskytujúcich služby verejnosti.

Pre porovnanie sú v tabuľkách č. 7 a 8 uvedené požiadavky na kvalitu vody na prírodnom kúpalisku a na umelom kúpalisku.

2.1.5.4 TECHNOLOGICKÁ (PREVÁDZKOVÁ) VODA

Technologická voda je voda určená na zabezpečenie potrieb výroby najmä v priemysle a v poľnohospodárstve. Vzhľadom na rôznorodosť jej použitia nemožno všeobecne špecifikovať požiadavky na jej kvalitu – tie sú dané účelom použitia. Výnimku predstavuje voda určená na závlahy, ktorej je venovaná časť 2. 1. 5. 5.

V potravinárskom priemysle sa na epidemiologicky významné činnosti (voda ako súčasť potravín alebo v kontakte s nimi, či s výrobným zariadeným) používa pitná voda, ktorá sa v špeciálnych prípadoch ešte upravuje schválenými postupmi, aby spĺňala zvýšené požiadavky na vybrané kvalitatívne ukazovatele.

Tab. 7 Medzné hodnoty ukazovateľov kvality vody na prírodnom kúpalisku počas kúpacej sezóny

Ukazovateľ	Symbol	Jednotka	Medzná hodnota	Frekvencia vyšetrenia
Escherichia coli	EC	KTJ/100 ml	1 000	pred začiatkom kúpacej sezóny a počas kúpacej sezóny jedenkrát za 14 dní
Črevné enterokoky	EK	KTJ/100 ml	400	pred začiatkom kúpacej sezóny a počas kúpacej sezóny jedenkrát za 14 dní
Cyanobaktérie	CB	bunky/ml	100 000	pred začiatkom kúpacej sezóny a počas kúpacej sezóny jedenkrát za 14 dní
Chlorofyl- α	CHL _a	µg/l	50	pred začiatkom kúpacej sezóny a počas kúpacej sezóny jedenkrát za 14 dní
Akútna ekotoxická	Tox-a	% účinku	30	pri výskyte vodného kvetu

Zdroj: Príloha č. 1 k vyhláške MZ SR č. 308/2012 Z. z.

2.1.5.5 VODA URČENÁ NA ZÁVLAHY

Voda určená na závlahy sa používa v poľnohospodárstve pri pestovaní úžitkových plodín. Táto voda môže mať rôzny pôvod (z vodných tokov, vodných nádrží, vhodne upravená odpadová voda), je však súčasťou potravinového reťazca, teda nesmie negatívne ovplyvniť zdravotný stav ľudí a zvierat. Nesmie tiež svojimi vlastnosťami negatívne ovplyvniť výšku a kvalitu úrod, vlastnosti pôdy, kvalitu podzemnej a povrchovej vody.

Požiadavky na kvalitatívne ukazovatele vody určenej na závlahy sú špecifikované v nariadení vlády SR č. 269/2010 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd (v znení neskoršieho predpisu s účinnosťou od 1. 1. 2013). Uvedené požiadavky obsahuje tabuľka 9.

Z porovnania hodnôt kvalitatívnych ukazovateľov vody určenej na závlahy a pitnej vody (tabuľka 10) sú zjavné rozdiely v požiadavkách na uvedené kategórie. Požiadavky na závlahovú vodu sú v niektorých ukazovateľoch (napr. dusičnany, meď) dokonca vyššie ako na pitnú vodu a to hlavne vzhľadom na kumulovanie daných látok v rastlinách.

Tab. 8 Požiadavky na kvalitu vody na umelom kúpalisku (krátené)

Ukazovateľ	Symbol	Jednotka	Medzná hodnota	Frekvencia vyšetrenia
Escherichia coli	EC	KTJ/100ml	10	pred začiatkom kúpacej sezóny, jedenkrát za 14 dní v bazéne bez recirkulácie vody, jedenkrát za mesiac v bazéne s recirkuláciou vody
Črevné enterokoky	EK	KTJ/100ml	10	
Pseudomonas aeruginosa	PA	KTJ/100ml	< 1	
Staphylococcus aureus	SA	KTJ/100ml	< 1	
Kultivovateľné mikroorganizmy pri 36 ± 1 °C		KTJ/1ml	100	
Legionella species	Lg	KTJ/100ml	10	jedenkrát počas kúpacej sezóny, v bazéne s celoročnou prevádzkou dvakrát za rok
Producenty	PD	jedinice/ml	200	pred začiatkom kúpacej sezóny, jedenkrát za 14 dní v bazéne bez recirkulácie vody, jedenkrát za mesiac v bazéne s recirkuláciou vody
Konzumenty	KZ	jedinice/ml	50	
Priehľadnosť	PR	m	dno	jedenkrát za deň
Reakcia vody	pH		6,5 – 7,8	trikrát za deň
Teplota vody	T	°C	podľa typu bazénu ¹	trikrát za deň
Chemická spotreba kyslíka manganistanom	CHSK _{Mn}	mg/l	3	pred začiatkom kúpacej sezóny, jedenkrát za 14 dní v bazéne bez recirkulácie vody, jedenkrát za mesiac v bazéne s recirkuláciou vody
Voľný chlór	Cl ₂	mg/l	0,6	trikrát za deň a vždy po napustení nového objemu vody
Viazaný chlór	Cl ₂	mg/l	0,3	
Ozón	O ₃	mg/l	0,05	pred začiatkom kúpacej sezóny, najmenej jedenkrát za 14 dní v bazéne bez recirkulácie vody, najmenej jedenkrát za mesiac v bazéne s recirkuláciou vody a vždy po napustení nového objemu vody
Meď	Cu	mg/l	2,0	pred začiatkom kúpacej sezóny, jedenkrát za 14 dní v bazéne bez recirkulácie vody, jedenkrát za mesiac v bazéne s recirkuláciou vody
Redox-potenciál	Eh	mV	v rozsahu pH 6,5-7,3 > 700	trikrát za deň
			v rozsahu pH 7,3-7,8 > 720	
Celkový organický uhlík	TOC	mg/l	2,5 mg/l nad hodnotu napúšťanej vody	jedenkrát za mesiac

¹ Teplotu vody limituje vyhláška nasledovne: Najvyššia teplota vody v plaveckom bazéne je 28 °C, v neplaveckom bazéne 30 °C a v oddychovom bazéne 40 °C. Najvyššia teplota vody v bazéne pre deti je 35 °C. Ak je teplota vody v bazéne vyššia ako 36 °C, údaj o teplote vody sa dopĺňa upozornením, že pobyt v bazéne sa neodporúča osobám so srdcovo-cievnyim ochorením a deťom do veku troch rokov.

Zdroj: Príloha č. 3 k vyhláške MZ SR č. 308/2012 Z. z.

Tab. 9 Kvalitatívne ciele povrchovej vody určenej na závlahy

	Ukazovateľ	Symbol	Jednotka	Vhodná voda na závlahy MH ²⁾
1.	Reakcia vody	pH		5,0-8,5
2.	Teplota	t	°C	≤ 35
3.	Farba	-	mg/l Pt	20
4.	Rozpustené látky, sušené pri 105°C	RL ₁₀₅	mg/l	800
5.	Železo celkové	Fe	mg/l	10
6.	Mangán celkový	Mn	mg/l	3
7.	Sodík	Na	mg/l	100
8.	Vápnik	Ca	mg/l	100
9.	Horčík	Mg	mg/l	200
10.	Chloridy	Cl ⁻	mg/l	300
11.	Sírany	SO ₄ ²⁻	mg/l	250
12.	Fluoridy	F ⁻	mg/l	2
13.	Dusičnanový dusík	N-NO ₃	mg/l	23
14.	Arzén	As	µg/l	50
15.	Bór	B	µg/l	500
16.	Kyanidy celkové	CN ⁻ _{celk.}	mg/l	0,2
17.	Chróom celkový	Cr _{celk.}	µg/l	200
18.	Hliník	Al	µg/l	1000
19.	Kadmium	Cd	µg/l	5
20.	Kobalt	Co	µg/l	200
21.	Meď	Cu	µg/l	500
22.	Nikel	Ni	µg/l	100
23.	Olovo	Pb	µg/l	50
24.	Ortuť	Hg	µg/l	5
25.	Selén	Se	µg/l	20
26.	Vanád	V	µg/l	100
27.	Zinok	Zn	µg/l	1000
28.	Fenolový index	FN	mg/l	0,2
29.	Povrchovo aktívne látky - aniónové	PAL-A	mg/l	2,00
30.	Polychlórované bifenyly	PCB	µg/l	0,05
31.	Celková objemová aktivita alfa	a _{v,α}	Bq/l	1,0
32.	Celková objemová aktivita beta	a _{v,β}	Bq/l	1,5
33.	Rádium 226	²²⁶ Ra	Bq/l	0,2
34.	Urán prírodný	U _{nat.}	µg/l	50
35.	Infekčné vývojové štádiá parazitov ľudí a zvierat (vajíčka helmintov)	-	v 1000 ml	Neprítomné
36.	Kolífágy		PFU/1l	100
37.	Kolíformné baktérie	KB	KTJ/ml	100
38.	Termotolerantné koliformné baktérie	TKB	KTJ/ml	10
39.	Črevné enterokoky	EK	KTJ/ml	10
40.	Patogénne organizmy - Salmonella		KTJ/500ml	0
41.	Akútna ekotoxická ¹⁾	TOX-a	% účinku	20
42.	Pomer rastu hypokotylu a koreňa Sinapis alba	h/k	-	<1

Zdroj: Príloha č. 2, časť B k NV SR č. 269/2010 Z. z.

Poznámky:

- 1) Skúška ekotoxicity sa vykoná na organizmoch troch trofických úrovní (ako producentný organizmus sa odporúča kultúrna rastlina *Sinapis alba*), pričom vhodnosť vody na závlahu určuje najcitlivejší organizmus.
- 2) MH je medzná limitná hodnota (najvyššia prípustná hodnota) ukazovateľa kvality závlahovej vody.

2.2 ZNEČISŤOVANIE A SAMOČISTENIE VODY

Znečistenie vody zapríčiňujú rôzne látky antropogénneho pôvodu. Rozlišujeme **priame znečistenie**, ktoré vzniká kontaktom vody so znečisťujúcou látkou a **nepriame znečistenie** vodného prostredia ako následok chemických a biologických dejov po prísune látok, ktoré sami nemusia byť znečisťujúcou látkou. Látky znečisťujúce vodu možno rozdeliť do skupín:

- látky nerozpustné, špecificky ťažšie ako voda – sedimentujú na dno, kde porušujú prirodzenú rovnováhu vodných spoločenstiev,
- látky nerozpustné, špecificky ľahšie ako voda – plávajú na hladine, kde vytvárajú súvislé vrstvy, ktoré bránia prístupu vzdušného kyslíka, čím zhoršujú kyslíkový režim,
- anorganické rozpustné látky – zvyšujú mineralizáciu vody, niektoré sú toxické alebo inak škodlivé,
- organické látky (všeobecne) – oxidujú sa kyslíkom rozpusteným vo vode, čím zhoršujú kyslíkovú bilanciu vôd, mnohé predstavujú vážne riziko pre vodné spoločenstvá alebo konzumentov vody,
- rádioaktívne látky – predstavujú riziká, ktorých závažnosť zvyšuje oneskorenie účinku,
- patogénne a podmienené patogénne mikroorganizmy.

2.2.1 ZNEČISŤOVANIE ATMOSFÉRICKEJ VODY

Kontaktom zrážok (najmä kvapalných) so vzduchom pred ich dopadom na povrch zeme sa padajúca voda obohacuje o pevné, kvapalné i plynne látky prítomné vo vzduchu. Tieto významne ovplyvňujú kvalitu a vlastnosti zrážkovej vody. Rozhodujúcim faktorom je pritom čistota vzduchu, s ktorým boli zrážky v kontakte.

I v čistom, antropogénne nenarušenom prírodnom prostredí je chemická reakcia zrážkovej vody mierne kyslá – pohybuje sa v intervale $\text{pH} = 5 - 6$. Odchýlku od neutrálnej reakcie spôsobuje prítomnosť kyseliny uhličitej (H_2CO_3 - slabá, t.j. slabo disociovaná kyselina), vytvorenej rozpúšťaním oxidu uhličitého, stálej súčasti atmosféry. Prítomnosť ďalších nekovových oxidov - kontaminantov ovzdušia, najmä oxidov síry (SO_2 , SO_3) a dusíka (NO_x) však vedie k tvorbe silných kyselín: sírovej (H_2SO_4) a dusičnej (HNO_3), v dôsledku čoho mnohonásobne narastá kyslosť zrážok. V oblastiach so silne znečisteným ovzduším sa môžu zrážky acidifikovať až na $\text{pH} = 4$, prípadne ešte viac, čo predstavuje stonásobný nárast kyslosti voči $\text{pH} = 6$. Takéto zrážky prejavujú silne negatívny efekt na živú prírodu, obzvlášť citlivé sú ihličnaté stromy (úhyn lesov v Krušných horách na severozápade Čiech). Pre človeka

predstavuje negatívny efekt kyslých zrážok najmä zvyšovanie obsahu ťažkých kovov (pôvodne prítomných v životnom prostredí vo forme nerozpustných zlúčenín) v zdrojoch pitnej vody.

2.2.2 ZNEČISŤOVANIE POVRCHOVEJ A PODZEMNEJ VODY

Človek svojimi aktivitami, najmä v priemyselnej sfére a v poľnohospodárstve, vytvára množstvo odpadov, z ktorých určitá časť prenikne do povrchových i podzemných vôd. Mnohé z nich predstavujú nebezpečné anorganické i organické chemické látky, rádioaktívne látky alebo živé sústavy tvorené patogénnou mikroflórou.

Z anorganických látok ohrozujú zdravie najmä **zlúčeniny ťažkých kovov**. Rozpustné zlúčeniny olova, kadmia, ortuti, niklu, kobaltu, zinku, medi a ďalších ťažkých kovov môžu prostredníctvom pitnej vody kontaminovať potravinový reťazec a vyvolávať viacerými mechanizmami (toxicita, karcinogenita, mutagenita, teratogenita) poškodenie zdravia. Poľnohospodárstvo prispieva k znečisťovaniu povrchovej a podzemnej vody najmä neprimeranou aplikáciou umelých hnojív, ktorá vedie k nárastu obsahu **dusíkatých látok a zlúčenín fosforu**. Účinku dusíkatých látok na človeka sa bližšie venuje časť 2.3., zvýšený obsah zlúčenín fosforu spôsobuje spolu s dusíkatými látkami **eutrofizáciu povrchových vôd** t.j. premnoženie vodných rias, ktoré následne vedie k porušeniu kyslíkovej bilancie vody a ohrozeniu ďalších prítomných foriem života.

Znečisťujúce organické látky reprezentuje najmä **ropa a ropné produkty**. Tieto látky zvyčajne vytvárajú na hladine mikrofilm (alebo hrubšiu vrstvu), ktoré izolujú vodu od vzdušného kyslíka. Postupnou oxidáciou spotrebujú kyslík prítomný vo vode čím rozvrátia vodný ekosystém a znemožnia na dlhú dobu samočistenie vody. Liter ropy môže takto znehodnotiť 10 000 m³ vody. Zvlášť nebezpečnou skupinou ropných produktov sú **polyaromatické uhľovodíky (PAU)** reprezentované benzo(a)pyrénom (BaP). Mechanizmom ich pôsobenia na živé organizmy je karcinogenita prejavovaná už vo veľmi malých množstvách (bezprahové účinky).

Ďalšou skupinou organických kontaminantov vody sú **pesticídy** používané vo veľkej miere intenzifikovaným poľnohospodárstvom. Podobne ako látky predchádzajúcej skupiny, sú tiež veľmi perzistentné a ich negatívne účinky na vodu sú dlhodobé.

Domácnosti a komunálna sféra významne prispievajú k znečisťovaniu povrchových a podzemných vôd **detergentami** široko využívanými ako čistiace prostriedky, ktorých prítomnosť vo vode vážne narušuje vodný ekosystém.

Rádioaktívne látky tvoria osobitnú skupinu kontaminantov vôd. Prirodzenú rádioaktivitu vody (daná prítomnosťou malých množstiev radónu z ovzdušia a viacerých rádionuklidov z pôdy a hornín) môže významne zosilniť prítomnosť ďalších rádionuklidov z odpadových vôd jadrových elektrární alebo z iných pracovísk využívajúcich rádionuklidy.

Mikrobiálna kontaminácia sa vyskytuje najmä v poľnohospodárskych a komunálnych odpadových vodách, tiež v odpadových vodách z nemocníc a výrobní potravinárskeho priemyslu. Z patogénnej mikroflóry sa vyskytujú najčastejšie pôvodcovia črevných infekcií.

2.2.3 SAMOČISTENIE VODY

Samočistenie vody je schopnosť vody obnoviť prirodzeným spôsobom svoju pôvodnú čistotu. Zneškodňujú sa pritom kontaminanty organického pôvodu uplatnením fyzikálnych, chemických a biologických procesov. Fyzikálne predstavujú sedimentácia, koagulácia a riedenie znečistenín, rozpúšťanie vzdušného kyslíka vo vode. Z chemických procesov sa uplatňujú oxido-redukčné reakcie, neutralizačné a zrážacie procesy, fotochemický rozklad. Biologické predstavuje enzymatický rozklad (mineralizácia) rozložiteľných organických látok sprostredkovaný mikroorganizmami.

Samočistenie môže prebiehať len za predpokladu voľného prístupu kyslíka z ovzdušia (oxidácia organických látok), preto má intenzívnejšie priebeh vo vodných tokoch voči jazerám – v tokoch je väčšie prevzdušňovanie vody. Látky vytvárajúce na hladine súvislé vrstvy (ako je uvedené v časti 2.2.2) zabraňujú samočisteniu.

2.3 ZDRAVOTNÉ RIZIKÁ Z VODY

2.3.1 ÚČINKY MIKROBIOLOGICKÝCH A BIOLOGICKÝCH FAKTOROV Z PITNEJ VODY

Podľa údajov WHO z r. 2015 asi 660 miliónov ľudí trpí dlhodobým nedostatkom vyhovujúcej pitnej vody, čo súvisí s mikrobiologickými a biologickými faktormi. Tieto faktory sú v celosvetovom meradle najčastejšou príčinou chorôb súvisiacich s vodou.

Ide o **kontamináciu vody patogénnymi mikroorganizmami a parazitujúcimi organizmami**, ako sú najmä vírusy, baktérie, prvoky a črevné parazity. Spôsobujú choroby ako brušný týfus, salmonelózy, bakteriálna dyzentéria, cholera, tularémia, leptospirózy, enterovirózy, vírusová hepatitída typu A, parazitárne a iné ochorenia. Patogénne kontaminanty sa môžu dostať do vody fekálnym znečistením i odpadovými vodami najmä z potravinárskeho a koželužného priemyslu, z nemocníc a pod. Nákaza sa môže prenášať na človeka nielen priamo pitnou vodou, ale aj prostredníctvom vodou kontaminovaných potravín, rúk, predmetov. Niektoré ochorenia, napr. tzv. legionárska choroba a amébové choroby, sa môžu preniesť na človeka aj inhaláciou vody (vodného aerosólu tvoreného rozstrekovaním vody v okolí vodných atrakcií - tobogany a pod.).

Dezinfekcia vody chlórovaním usmrčuje väčšinu mikroorganizmov, najmä baktérie. Väčší problém predstavuje kontaminácia vody vírusmi, prvokmi a červami, kedy nepostačuje bežné dávkovanie dezinfekčných prostriedkov.

2.3.2 ÚČINKY CHEMICKÝCH FAKTOROV Z PITNEJ VODY

Chemické látky môžu, podobne ako faktory uvedené v časti 2. 3. 1, tiež spôsobiť akútne ochorenia pri náhlých a vysokých kontamináciách. Tie sú však pomerne zriedkavé a vedú súčasne k zmenám sensorických vlastností vody (chuť, zápach), ktorá sa tým stáva nepitnou.

Väčšie riziko predstavuje dlhodobý príjem vody permanentne kontaminovanej chemickými faktormi, ktoré môžu vyvolať neskoré alebo chronické účinky. Jednu takúto skupinu tvoria látky s karcinogénnymi účinkami napr. nikel, kadmium, arzén, chróm, benzén, styrén, polycyklické aromatické uhľovodíky reprezentované benzo(a)pyrénom, akrylamid, chlórované uhľovodíky ako najmä vinylchlorid, trichlóretén (trichlóretylén), tetrachlórmétán. Väčšina z týchto látok súčasne prejavuje aj hepatotoxické, nefrotoxické a ďalšie negatívne účinky.

Ďalšiu skupinu tvoria toxické látky, ktoré sa pri dlhodobom prijíme prostredníctvom vody kumulujú v organizme, kde vyvolávajú chronické účinky. Typickými predstaviteľmi sú ťažké kovy ako olovo, ortuť, antimón, už spomenuté kadmium a arzén. Patria sem tiež rezíduá pesticídov a polychlórované bifenyle. Široké spektrum negatívnych účinkov týchto látok zahŕňa poškodenie pečene, reprodukčné abnormality, poruchy imunity, neurologické a endokrinné zmeny, spomalenie vývoja detí.

I látky, ktoré sú prirodzenou súčasťou vody, môžu pri zmenenom obsahu vo vode spôsobovať poškodenie organizmu. **Zvýšený obsah dusičnanov** (nad 50 mg/l) v pitnej vode môže viesť v črevách alebo močovom mechúre ku tvorbe nitrozamínov a nitrozamidov s karcinogénnymi účinkami. U dojčiat (vek 0-3 mesiace) je ešte závažnejší ďalší mechanizmus negatívneho pôsobenia: v ich žalúdku môžu vďaka vyššiemu pH rásť baktérie, ktoré redukujú dusičnany na dusitany a tie sa následne viažu na hemoglobín, vytvárajúc tak methemoglobín. Ten, na rozdiel od hemoglobínu, nemá schopnosť transportovať kyslík krvou do tkanív – vzniká **alimentárna dusičnanová methemoglobinémia**. Uvedené procesy prebiehajú v obmedzenej miere i u starších osôb – redukuje sa asi 5 % prijatých dusičnanov.

Prirodzený obsah methemoglobínu u človeka je zvyčajne 0,5-2% z množstva hemoglobínu. Konverzia viac ako 10% hemoglobínu na methemoglobín sa už prejaví ako cyanóza (zmodranie kože a pier), nad 25% vedie ku nevoľnosti, rýchlemu pulzu, zmätenosti, poruchám správania a silnej cyanóze. Konverzia 50-70% už spôsobuje stupor (úplná strata duševnej a telesnej aktivity) a kómu. Hodnoty nad 70% sú letálne, podľa niektorých zdrojov však môže nastať smrť už od 50% methemoglobínu.

Vzhľadom k tomu, že dusitany sa môžu nachádzať priamo v pitnej vode súběžne s dusičnanmi stanovuje legislatíva o pitnej vode (vyhláška MZ SR č. 247/2017 Z.z. s účinnosťou od 15. 10. 2017) popri limitných hodnotách pre dusičnany (NMH¹ 50mg/l) a dusitany (NMH¹ 0,5 mg/l) aj súčtový limit: súčet koncentrácie dusičnanov delený 50 a koncentrácie dusitanov delený 3 môže byť maximálne 1.

¹NMH – najvyššia medzná hodnota zdravotne významného ukazovateľa kvality pitnej vody, ktorej prekročenie vylučuje použitie vody ako pitnej.

Na prípravu stravy pre dojčatá sa odporúča voda s ešte nižším obsahom týchto látok: dusičnany do 10 mg/l a dusitany do 0,1 mg/l (podľa výnosu Ministerstva pôdohospodárstva SR a ministerstva zdravotníctva SR č. 608/9/2004-100, tabuľka č. 6 v prílohe č.1).

Zmenený obsah fluóru má tiež negatívny dopad na ľudský organizmus: optimálny obsah fluoridov v pitnej vode je do 1,5 mg/l (podľa vyhlášky MZ SR č. 247/2017 Z.z), obsah fluóru nad 2 mg/l vedie k fluoróze zubov, nad 4 mg/l i k fluoróze kostí. Keďže v našich podmienkach prevažuje príliš malý obsah fluóru (do 0,5 mg/l), čo vedie k zvýšenému výskytu zubného kazu, pridávajú sa soli fluóru do zubných pást.

Deficit jódu v pitnej vode môže mať za následok vznik endemickej strumy. Tento problém sa na Slovensku rieši jodidovaním (25 mg jodidu draselného/kg) kuchynskej soli, ktorá je všeobecne konzumovaná pochutinou.

2.3.3 ZDRAVOTNÉ RIZIKÁ SÚVISIACE S KÚPANÍM

Pri rekreačnom kúpaní je človek v kontakte s vodou nielen prostredníctvom svojej pokožky a slizníc, ale často dochádza i k prehĺtaniu menšieho množstva vody. Na prírodných a najmä umelých kúpaliskách, kde sa kúpe spolu väčšie množstvo ľudí, môže dôjsť k znečisteniu vody rôznymi choroboplodnými zárodkami, z čoho vyplývajú viaceré zdravotné rizika. Baktérie prežívajúce v bazénových vodách môžu spôsobovať najmä u detí ľahké hnačky, infekcie rán, dýchacích ciest a urogenitálneho systému, zápal pokožky. Prítomnosť baktérií rodov *Salmonella* a *Shigella* môže spôsobiť ťažké hnačky. V blízkosti toboganov hrozí po vdýchnutí kontaminovaných aerosólov riziko nákazy citlivých jedincov legionárskou chorobou. Gynekologické problémy môžu spôsobovať kvasinky – kandidy prítomné v teplej bazénovej vode. Bazénovú vodu môžu kontaminovať i améby (meňavky), z ktorých jeden druh *Naegleria fowleri* môže spôsobiť zápal mozgu a mozgových blán, často sa končiace i smrťou.

Bazénová voda a hlavne mokré priestory okolo bazénov (na drevených ležadlách, priestory sprchární a WC, brodiská) môžu byť kontaminované pôvodcami hubovitých ochorení pokožky a nechtov.

2.4 ZÁSOBOVANIE VODOU

Zásobovanie vodou je zabezpečenie jej potrebného množstva požadovanej kvality pre spotrebu obyvateľstva (potreba vody pre bytový fond) a na ďalšie účely - komunálne, priemyselné a poľnohospodárske použitie. Súčet uvedených potrieb tvorí **spoločenskú potrebu vody**, ktorá rastie so zvyšovaním životnej úrovne. Z verejnozdravotného hľadiska tvorí najzávažnejšiu časť uvedeného zásobovania **zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou**.

2.4.1 DRUHY ZÁSOBOVANIA PITNOU VODOU

Legislatíva (vyhláška MZ SR č. 247/2017 Z. z.) rozlišuje dva druhy zásobovania obyvateľstva pitnou vodou:

- **individuálne zásobovanie pitnou vodou** – zásobovanie pitnou vodou z jedného zdroja s priemernou dennou produkciou (priemer za kalendárny rok) menej ako 10 m³ pitnej vody alebo zo zdroja zásobujúceho menej ako 50 osôb,
- **hromadné zásobovanie pitnou vodou** – zásobovanie s priemernou dennou produkciou najmenej 10 m³ pitnej vody alebo z vodárenského zdroja, ktorý zásobuje najmenej 50 osôb.

Zaradenie zdroja do hromadného zásobovania posudzuje orgán na ochranu zdravia. Z takéhoto zariadenia vyplývajú povinnosti pre fyzické osoby - podnikateľov a právnické

osoby, ktoré vlastnia alebo využívajú vodárenské zdroje na zásobovanie pitnou vodou, a to najmä zabezpečiť, aby dodávaná pitná voda spĺňala požiadavky zdravotnej bezpečnosti a limity ukazovateľov kvality pitnej vody (bližšie v častiach 2.4.2 až 2.4.4).

2.4.2 VODNÉ ZDROJE A ICH OCHRANA

Pri individuálnom zásobovaní je vodným zdrojom najčastejšie studňa alebo prameň. Väčšina týchto zdrojov nemá veľkú výdatnosť a ich voda sa zvyčajne neupravuje.

Studňa slúži na získavanie podzemnej vody po stavebno-technických úpravách terénu - porušení celistvosti krycej pôdnej vrstvy nad zvodneným podloží. Toto sa realizuje prevažne kopaním, vŕtaním alebo razením (vbíjaním). Kvalitná podzemná voda sa získava zvyčajne v hĺbke najmenej 5 m. Pitná voda sa zo studne čerpá: v minulosti manuálne (pumpou), v súčasnosti prevažne elektrickým čerpadlom. Technické riešenie telesa studne musí zabezpečiť, aby sa už vyčerpaná voda a nečistoty z vonkajšieho prostredia nemohli dostať do studne a kontaminovať tam vodu.

Prameň je miesto, kde voda samovoľne vyteká zo zeme na povrch. Ak sa má využiť na zásobovanie pitnou vodou treba, podobne ako pri studni, zabezpečiť ochranu vody v pramenisku pred kontamináciou (technické úpravy - zachytenie prameňa).

V okolí studne alebo prameňa - v okruhu minimálne 12-15 m sa nesmú nachádzať možné zdroje znečistenia vody, ako hnojisko, žumpa, septik (trativod), povrchová voda. Treba tiež znemožniť prístup hospodárskych zvierat a nevykonávať v okolí vodného zdroja hnojenie pôdy.

Pred začiatkom využívania uvedených vodných zdrojov, alebo po prípadnom znečistení vody, napr. pri záplave či topení snehu, treba vodu dezinfikovať. Na tento účel sa zvyčajne používa chlórové vápno. Na účely hromadného zásobovania pitnou vodou sa prednostne využívajú pramene s veľkou výdatnosťou prípadne iné zdroje podzemnej vody, napr. systém vodárenských studní. Pri nedostatku vhodnej podzemnej vody sa na hromadné zásobovanie odoberá povrchová voda. Vzhľadom na značné rozdiely v kvalite povrchovej vody ju rozčleňuje legislatíva (Nariadenie vlády SR č. 269/2010 Z. z., v znení neskoršieho predpisu účinné od 1. 1. 2013) na tri kategórie: A1, A2 a A3. Na hromadné zásobovanie pitnou vodou možno použiť len povrchovú vodu kategórií A1, A2. Povrchovú vodu možno odoberať z vodného toku alebo z vodárenskej nádrže. Pri výbere vodného toku a miesta na odber vody treba zohľadniť mnoho faktorov, ktoré môžu ovplyvniť naplnenie základného cieľa - získať vodný zdroj s požadovanou stabilnou výdatnosťou, ktorého voda neprerušene spĺňa kvalitatívne požiadavky. K spomínaným faktorom patrí pri vodnom toku: vodnatosť toku a jej kolísanie, využívanie vodného toku a jeho brehov nad miestom odberu vody, čo zahŕňa osídlenie okolia toku a jeho prítokov, rekreačné aktivity v danej oblasti, vypúšťanie odpadových vôd, stupeň zalesnenia daného územia. Podobne pri zriaďovaní vodárenskej nádrže treba zohľadniť všetky faktory, ktoré môžu mať vplyv na kvalitu vody v nádrži. Pri výbere lokality sa uprednostňujú zalesnené horské oblasti, väčšia nadmorská výška,

konfigurácia terénu, ktorá umožní vybudovať vodárenskú nádrž s hĺbkou najmenej 15 m, optimálne nad 20 m (v tej hĺbke má voda stabilné parametre, neovplyvnené ročnou dobou).

Ochrana vodných zdrojov sa zabezpečuje:

- vhodným stavebno-technickým riešením odberového miesta zabraňujúcim kontaminácii vody,
- zriadením ochranných pásiem zahŕňajúcich územia, z ktorých by mohlo nastať nepriaznivé ovplyvnenie kvality vody vo vodnom zdroji.

V ochranných pásmach (ktoré môže tvoriť územie alebo vodná plocha) platí osobitný hygienický režim, t.j. súbor opatrení chrániacich výdatnosť vodného zdroja, kvalitu vody a jej zdravotnú nezávadnosť. Legislatíva (zákon o vodách č. 364/2004 Z. z. s účinnosťou od 1. 12. 2016) rozlišuje 3 úrovne ochranného pásma:

Ochranné pásma vodárenských zdrojov sa členia na ochranné pásmo I. stupňa, ktoré slúži na jeho ochranu v bezprostrednej blízkosti miesta odberu vôd alebo záchytného zariadenia, a na ochranné pásmo II. stupňa, ktoré slúži na ochranu vodárenského zdroja pred ohrozením zo vzdialenejších miest. Na zvýšenie ochrany vodárenského zdroja môže orgán štátnej vodnej správy určiť aj ochranné pásmo III. stupňa.

Detailne sa problematike ochranných pásiem venuje vyhláška č. 29/2005 Z. z. ministerstva životného prostredia SR, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o určovaní ochranných pásiem vodárenských zdrojov, o opatreniach na ochranu vôd a o technických úpravách v ochranných pásmach vodárenských zdrojov.

Ochranné pásmo I. stupňa sa zriaďuje okolo každého vodného zdroja slúžiaceho na hromadné zásobovanie pitnou vodou. Musí byť oplotené na zabránenie prístupu nepovolaných osôb a zvierat. Z daného priestoru sa odstránia všetky zdroje znečisťovania a je v ňom zakázaná každá činnosť, ktorá nesúvisí s prevádzkou a údržbou ochranného pásma. Aj činnosti súvisiace s údržbou sa vykonávajú spôsobom neohrozujúcim kvalitu vody (kosenie trávneho porastu manuálne alebo s použitím elektrických zariadení).

Ochranné pásma II. stupňa a III. stupňa sa zriaďujú vtedy, ak hrozí nebezpečenstvo, že pásmo I. stupňa nebude postačovať na potrebnú ochranu vodného zdroja.

Ochranné pásma predstavujú postupne sa zväčšujúce územie okolo vodného zdroja, napr. kým pri vodárenskej nádrži predstavuje ochranné pásmo I. stupňa jej vodnú plochu a pobrežný pás v šírke 20-100 m (ku ktorému sa pridá ochrana prítokov nádrže), pásmo II. stupňa už zahŕňa časť povodia alebo celé povodie danej nádrže. Ak je v ňom len časť povodia, tak môže byť zriadené i pásmo III. stupňa zahrňujúce celé povodie vodárenskej nádrže. V ochranných pásmach sa musia vylúčiť všetky činnosti potenciálne ohrozujúce vodný zdroj, ako činnosti: banská, stavebná, výrobná, skladovanie odpadových a iných nebezpečných látok, používanie agrochemikálií, rekreačná a športová činnosť.

2.4.3 ÚPRAVA A DEZINFEKCIA VODY

Úprava vody predstavuje súbor procesov, ktorými sa z podzemnej alebo povrchovej vody odstraňujú znečisťujúce zložky, aby spĺňala kvalitatívne požiadavky kladené na pitnú vodu. Nežiadúce tuhé látky sa odstraňujú **mechanickými procesmi** – sedimentácia, filtrácia.

Chemické procesy (aerácia, koagulácia) menia chemické zloženie vody, čím sa uľahčuje jej ďalšia úprava, prípadne priamo odstraňujú nadlimitné množstvá niektorých prvkov, ako železo a mangán. **Biologické procesy** predstavujú úpravy vody s použitím vhodných mikroorganizmov. Uvedené úpravy sa realizujú len v nevyhnutnom rozsahu, aby sa čo najviac zachovalo prirodzené zloženie vody. V prípade použitia povrchovej vody na výrobu pitnej vody vyžaduje najmenej úprav jej kategória A1 (podľa rozdelenia povrchovej vody v časti 2.4.3).

Dezinfekcia vody má za cieľ zneškodnenie patogénnych mikroorganizmov prítomných vo vode určenej na zásobovanie pitnou vodou a tiež ochranu rozvodnej siete vody pred prípadnou mikrobiologickou rekontamináciou. Zo známych dezinfekčných prostriedkov a postupov najlepšie spĺňa oba ciele chlór a jeho zlúčeniny, napr. oxid chloričitý (ClO_2).

Pre zabránenie prípadnej rekontaminácie distribučnej siete pitnej vody je potrebná koncentrácia voľného chlóru minimálne 0,05 mg/l. Nevýhodu pri použití chlóru predstavuje vznik škodlivých organických zlúčenín chlóru, ak sú vo vode prítomné organické látky. Túto nevýhodu nemá oxid chloričitý, ktorý zas spôsobuje zvýšenú koróziu potrubí. Ozonizácia a použitie UV žiarenia sú progresívne postupy dezinfekcie vody. Nechránia pred rekontamináciou vody, preto ich použitie v distribučných sieťach je potrebné doplniť o chloráciu v nevyhnutnom rozsahu.

2.4.4 POSUDZOVANIE KVALITY PITNEJ VODY

Posudzovaniu kvality pitnej vody sa venuje vyhláška MZ SR č. 247/2017 Z. z. s účinnosťou od 15. 10. 2017. V požiadavkách na kvalitu vody sa rozlišuje (vzhľadom na rozdielnu závažnosť vplyvu jednotlivých ukazovateľov na zdravie ľudí) viacero kategórií limitných hodnôt:

Medzná hodnota (MH) je hodnota ukazovateľa kvality pitnej vody, ktorej prekročením stráca pitná voda vyhovujúcu kvalitu v ukazovateli, ktorého hodnota bola prekročená (nevylučuje sa však jej použitie ako pitnej).

Najvyššia medzná hodnota (NMH) je hodnota zdravotne významného ukazovateľa kvality pitnej vody, ktorej prekročenie vylučuje použitie vody ako pitnej vody.

Odporúčaná hodnota (OH) je hodnota alebo rozsah hodnôt ukazovateľa kvality pitnej vody, ktoré sú žiaduce z hľadiska ochrany zdravia a ktorých prekročenie alebo nedodržanie nevylučuje použitie vody ako pitnej.

Zákon č. 355/2007 stanovuje prevádzkovateľom alebo vlastníkom vodárenského zdroja na hromadné zásobovanie (tiež podnikateľom dodávajúcim pitnú vodu) povinnosti a to najmä:

- zabezpečiť, aby dodávaná pitná voda spĺňala požiadavky zdravotnej bezpečnosti a limity ukazovateľov kvality pitnej vody,
- zabezpečiť kontrolu ukazovateľov kvality pitnej vody akreditovaným pracoviskom (záznamy o výsledkoch kontrol uchovávať 10 rokov),
- dodávanú pitnú vodu dezinfikovať, čo sa nemusí, len ak voda vo vodárenskom zdroji dlhodobo spĺňa limity ukazovateľov kvality pitnej vody a súčasne nehrozí jej kontaminácia vo vodárenskom zdroji a v rozvodnej sieti,

- používať na úpravu a dezinfekciu pitnej vody len postupy a látky schválené príslušným orgánom verejného zdravotníctva.

Rozlišujú sa dva rozsahy kontroly ukazovateľov kvality pitnej vody – minimálna analýza a úplná analýza.

Minimálna analýza je zameraná na kontrolu dezinfekcie (ak sa vykonáva), mikrobiologickej kvality a senzorických vlastností vody. Pozostáva z najmenej 26 ukazovateľov (počet závisí od spôsobu dezinfekcie, chemickej úpravy vody a programu monitorovania kvality vody).

Úplná analýza – cieľom je získať informácie o dodržaní všetkých limitných hodnôt ustanovených vyhláškou alebo určených orgánom verejného zdravotníctva. Obsahuje 91 ukazovateľov rozčlenených na skupiny:

- A. Mikrobiologické a biologické ukazovatele
- B. Fyzikálne a chemické ukazovatele
 - a) Anorganické ukazovatele
 - b) Organické ukazovatele
 - c) Ukazovatele, vyšetrované pri dezinfekcii a chemickej úprave pitnej vody
 - d) Ukazovatele, ktoré môžu nepriaznivo ovplyvniť vlastnosti pitnej vody
 - e) Látky, ktorých prítomnosť v pitnej vode je žiadúca
- C. Rádiologické ukazovatele

Pre porovnanie s inou kategóriou vody - vodou určenou na závlahy sú uvedené v tabuľke 10 limitné hodnoty niektorých vybraných ukazovateľov kvality pitnej vody.

Vykonávanie rozborov a ich výsledky kontroluje príslušný orgán verejného zdravotníctva, ktorý v prípade potreby vykoná kontrolné rozbor v laboratóriách orgánu verejného zdravotníctva v sídle kraja. Podľa miestnych podmienok a s prihliadnutím na epidemiologickú situáciu regionálny úrad verejného zdravotníctva môže rozhodnúť o zmene rozsahu monitorovania alebo početnosti monitorovania ukazovateľov kvality pitnej vody stanovených platnou legislatívou. Môže tiež rozhodnúť o doplnení rozsahu monitorovania o ďalšie ukazovatele, pre ktoré neboli stanovené limity, ak existuje odôvodnené podozrenie, že v určitých množstvách alebo koncentráciách môžu predstavovať riziko ohrozenia zdravia ľudí (podľa zákona č. 150/2017 s účinnosťou od 15. 10. 2017).

Tab.10 Niektoré ukazovatele kvality pitnej vody

Ukazovateľ	Limit	Jednotka	Druh limitu	Poznámky
Reakcia vody	6,5 - 9,5		MH	Voda nesmie byť agresívna. Ak ide o balenú pitnú vodu, ktorá je prirodzene bohatá na oxid uhličitý, minimálna hodnota môže byť nižšia.
Teplota	8 -12	°C	OH	
Železo	0,2	mg/l	MH	Prekročenie medznej hodnoty do 0,50 mg/l je prípustné, len ak ide o železo z geologického podłożia a ak nedochádza k nežiaducemu ovplyvneniu senzorických vlastností vody.
Mangán	0,05	mg/l	MH	Prekročenie medznej hodnoty do 0,20 mg/l je prípustné, len ak ide o mangán z geologického podłożia a ak nedochádza k nežiaducemu ovplyvneniu senzorických vlastností vody.
Sodík	200	mg/l	MH	
Vápnik	> 30	mg/l	OH	
Horčík	10,0 až 30,0	mg/l	OH	
	125	mg/l	MH	
Vápnik a horčík	1,1 až 5,0	mmol/l	OH	
Fluoridy	1,5	mg/l	NMH	
Dusičnany	50	mg/l	NMH	Súčet pomerov zisteného obsahu dusičnanov delený 50 a zistený obsah dusitanov delený 3 musí byť menší alebo sa musí rovnať 1. Obsah dusitanov v pitnej vode na výstupe z úpravne musí byť nižší ako 0,1 mg/l.
Dusitany	0,50	mg/l	NMH	
Arzén	0,01	mg/l	NMH	
Kyanidy	0,05	mg/l	NMH	
Chróom	0,05	mg/l	NMH	
Hliník	0,2	mg/l	MH	
Kadmium	0,005	mg/l	NMH	
Meď	2,0	mg/l	MH	Vzorky pitnej vody z kohútikov používaných na odber pitnej vody sa odoberajú bez predchádzajúceho vypúšťania. Monitorovacie metódy a metódy odberu vzoriek musia zodpovedať aktuálnej úrovni poznatkov a prihliadať na najvyššie hodnoty, ktoré môžu mať nepriaznivé účinky na ľudské zdravie.
Nikel	0,02	mg/l	NMH	
Olovo	0,01	mg/l	NMH	
Ortuť	0,001	mg/l	NMH	
Benzo(a)pyrén	0,01	µg/l	NMH	

Pozn.: MH – medzná hodnota, NMH – najvyššia medzná hodnota, OH – odporúčaná hodnota

Zdroj: vyhláška MZ SR č. 247/2017 Z. z., príloha č.1

Rozsah analýz a počet odberov vzoriek pitnej vody závisí hlavne od počtu obyvateľov zásobovaných pitnou vodou z daného vodného zdroja.

2.5 HYGIENICKÁ PROBLEMATIKA ODPADOVÝCH VÔD

2.5.1 DEFINÍCIA, ROZDELENIE A VEREJNOZDRAVOTNÝ VÝZNAM ODPADOVÝCH VÔD

Podľa vodného zákona (zákon NR SR č. 364/2004 Z. z., zákon o vodách s účinnosťou od 1. 12. 2016) **odpadovou vodou** je voda použitá v obytných, výrobných, poľnohospodárskych, zdravotníckych a iných stavbách a zariadeniach alebo v dopravných prostriedkoch, pokiaľ má po použití zmenenú kvalitu (zloženie alebo teplotu), ako aj priesaková voda zo skládok odpadov a odkalísk; odpadová voda môže byť splašková, priemyselná a komunálna; za použitú vodu sa nepovažuje voda vypúšťaná z rybochovných zariadení, rybníkov a vodných nádrží osobitne vhodných na chov rýb.

Za **splaškovú odpadovú vodu** sa považuje použitá voda z domácností (bez rozlíšenia použitia), tiež použitá voda zo stravovacích a iných podobných zariadení.

Priemyselnou odpadovou vodou je voda z výrobných činností, priemyslu, služieb a živnosti, ktorá je iného charakteru voči splaškovej odpadovej vode a vode z povrchového odtoku.

Komunálnou odpadovou vodou je voda z osídlených útvarov, ktorá obsahuje prevažne splaškovú odpadovú vodu; môže obsahovať i priemyselnú odpadovú vodu, infiltrovanú vodu (voda vsiaknutá v pôde a priepustných horninách) a v prípade jednotnej alebo polodelenej stokovej siete aj vodu z povrchového odtoku (voda zo zrážok, ktorá nevsiakla do zeme).

Odpadové vody sa vyznačujú vždy určitou formou znečistenia (podrobnejšie v kapitole 2.2 Znečisťovanie a samočistenie vody), čím môžu ohroziť kvalitu povrchových alebo podzemných vôd. Predstavujú z verejnozdravotného hľadiska závažný faktor, ktorý môže významnou mierou ovplyvniť populačné zdravie a to buď ohrozením zdrojov pitnej vody alebo narušením zložiek životného prostredia.

2.5.2 ČISTENIE ODPADOVÝCH VÔD

Vzniknuté odpadové vody nemožno vrátiť do prírodného prostredia bez ich čistenia, ktoré upraví ich vlastnosti na úroveň umožňujúcu znovu zapojenie týchto vôd do kolobehu vody v prírode. Povinnosť čistenia odpadových vôd ustanovuje zákon o vodách č. 364/2004 (s účinnosťou od 1. 12. 2016), ktorý obsahuje postupy nakladania s jednotlivými kategóriami odpadových vôd. Všeobecne platí, že **ten, kto nakladá s vodami, je povinný dbať o ich ochranu.**

Splaškové odpadové vody sa vyznačujú pomerne stálym zložením, kde hlavnú časť znečistenia vody tvoria organické látky pochádzajúce z ľudského metabolizmu (moč, fekálie), zo zvyškov potravy, pracích a čistiacich prostriedkov. Ich všeobecnou vlastnosťou je i mikrobiologická kontaminácia.

Komunálne odpadové vody (zahrňujúce aj splaškové vody) sa odvádzajú verejnou kanalizáciou do čistiarnie odpadových vôd. V menších sídlach bez verejnej kanalizácie *možno použiť individuálne systémy, alebo iné primerané systémy, ktorými sa dosiahne rovnaká úroveň ochrany životného prostredia ako pri odvádzaní odpadových vôd verejnou kanalizáciou. Takýmito systémami sú najmä vodotesné žumpy alebo malé čistiarnie odpadových vôd.* Pri nakladaní s odpadovými vodami akumulovanými v žumpách sa postupuje podľa zákona č. 369/1990 Zb. o obecnom zriadení (v znení neskorších predpisov s účinnosťou od 1. 11. 2016), pričom tieto vody musia byť zneškodňované v čistiarni odpadových vôd.

Čistiarnie odpadových vôd sú vodohospodárske objekty, kde sa odpadová voda pomocou mechanických, chemických a biologických procesov postupne zbavuje znečisťujúcich látok. Vyčistená odpadová voda sa môže z čistiarnie vypustiť do povrchových alebo podzemných vôd, len ak spĺňa limity ukazovateľov znečistenia stanovené nariadením vlády č. 269/2010 Z. z. (s účinnosťou od 1. 1. 2013).

Vzhľadom na komplexnosť procesov počas čistenia odpadových vôd môžu čistiarnie čistiť len komunálne odpadové vody, teda vody pozostávajúce zo splaškových vôd a ďalších vôd prírodného charakteru (voda z povrchového odtoku, infiltrovaná voda). Priemyselné odpadové vody sa môžu vypúšťať do verejnej kanalizácie a byť súčasťou komunálnej odpadovej vody len za predpokladu, že svojimi vlastnosťami neohrozia prevádzku čistiarnie odpadových vôd, spracovanie a využitie čistiarenského kalu a ukazovatele kvality čistenej odpadovej vody (vyžaduje sa povolenie orgánu štátnej vodnej správy).

2.5.3 PROBLEMATIKA PRIEMYSELNÝCH ODPADOVÝCH VÔD

Priemyselné odpadové vody tvoria širokú, veľmi rôznorodú skupinu odpadových vôd, ktorých spoločnou črtou je odlišný charakter voči splaškovej odpadovej vode a vode z povrchového odtoku. Nemusia pochádzať len z priemyslu ale napr. z výrobných činností mimo priemyslu (živočíšna výroba). Ďalšími zdrojmi môže byť energetika (jadrové a tepelné elektrárne), zdravotníctvo, služby a pod. Prevažná časť priemyselných odpadových vôd sa vyznačuje nejakou vlastnosťou, pre ktorú ich nemožno priamo vypúšťať do verejnej kanalizácie (napr. vysoká teplota, vysoká kyslosť alebo zásaditosť, toxicita, horľavosť, výbušnosť, rádioaktivita, silná mikrobiologická kontaminácia). Takéto odpadové vody sa zneškodňujú priamo tam odkiaľ pochádzajú alebo sa v mieste svojho pôvodu predčisťujú či dezinfikujú a následne sa vypúšťajú do verejnej kanalizácie (po získaní súhlasného stanoviska orgánu štátnej vodnej správy).

Odpadové vody z jadrovej energetiky so zvýšeným obsahom rádioaktívnych izotopov sa zadržiavajú vo vymieracích komorách alebo nádržiach, kde obsah týchto izotopov rádioaktívnym rozpadom postupne klesá, čím klesá aj ich rádioaktivita. Vypustenie takýchto vôd do povrchových vôd je možné až po splnení príslušných limitov (NV č. 269/2010 Z. z. s účinnosťou od 1. 1. 2013, príloha č. 1 Požiadavky na kvalitu povrchovej vody, časť D Ukazovatele rádioaktivity; súčasne i ďalšie ukazovatele z prílohy č. 1).

3 PÔDA

3.1 FUNKCIE, ZLOŽENIE A VLASTNOSTI PÔDY

Pôda má, podobne ako vzduch a voda, rozhodujúci význam pre existenciu života na Zemi. Je obmedzeným a nenahraditeľným prírodným zdrojom, ktorý v prevažnej miere zabezpečuje výživu ľudstva.

Dokument *Štátna pôdna politika Slovenskej republiky* definuje pôdu a jej funkcie nasledovne:

Pôda je vrchná vrstva zvetralého povrchu zemskej kôry obsahujúca vodu, vzduch, živé organizmy. Rozdelená je do horizontálnych vrstiev so špecifickými fyzikálnymi, chemickými a biologickými vlastnosťami. Jednotlivé vrstvy majú rôzne ekologické funkcie a funkcie týkajúce sa ľudských aktivít.

Ekologické funkcie pôdy:

- produkcia biomasy, ako základná podmienka života človeka a iných organizmov,
- filtrácia, neutralizácia a premena látok v prírode ako súčasť funkčných a regulačných mechanizmov v prírode,
- udržiavanie ekologického a genetického potenciálu živých organizmov v prírode (biodiverzita druhov a ekosystémov).

Funkcie spojené s ľudskými aktivitami:

- súčasť priestorovej základne pre socio-ekonomické aktivity,
- zdroj surovínových materiálov (ako íl, hlina, štrk, piesok, minerály a pod.),
- kultúrne a prírodné dedičstvo krajiny vrátane paleontologických a archeologických artefaktov.

Pôda sa skladá z **anorganických zlúčenín** pochádzajúcich zo zvetrávaného horninového podkladu a **organických zlúčenín** z odumretých rastlín a živočíchov. Chemické zloženie pôdy je ovplyvnené hlavne zložením hornín, z ktorých pôda vzniká. Z **prvkov** majú v pôde najväčšie zastúpenie kyslík (cca 49%) a kremík (cca 26%). Prvkami so zastúpením približne od 7,5 do 1 % sú hliník, železo, vápnik, uhlík, sodík, draslík, horčík a vodík.

Ďalšie prvky (vrátane biogénnych ako dusík, síra, fosfor, chlór) majú v pôde výrazne menšie zastúpenie, takže rastliny musia niektoré z nich získavať zo vzduchu alebo z rozložených organických látok (dusík, uhlík).

Dôležitou chemickou vlastnosťou je **chemická reakcie (pH) pôdy**. Veľkou mierou ovplyvňuje rozpustnosť látok vo vode prítomnej v pôde a tým ich dostupnosť pre rastliny. V kyslých pôdach (ktoré majú $\text{pH} < 6,5$) rozpustnosť látok a tým ich využiteľnosť rastlinami klesá, klesá i obsah prospešných baktérií, čím sa znižuje biologická aktivita pôdy a jej úrodnosť. Medzi významné fyzikálne a fyzikálno-chemické vlastnosti pôdy patrí jej teplota, permeabilita (priepustnosť pre vzduch a vodu), filtračná schopnosť, adsorpčná a absorpčná schopnosť. Tieto schopnosti spolu ovplyvňujú **samočistiacu schopnosť pôdy** – schopnosť rozkladať zložité organické látky z tiel odumretých organizmov na jednoduchšie organické látky (ktoré spolu vytvárajú **humus**). Uvedený proces sa označuje ako **humifikácia**. Za

určitých podmienok môže pokračovať ďalším rozkladom organických látok - **mineralizáciou** na jednotlivé prvky, ktoré následne vytvárajú jednoduché anorganické zlúčeniny (rôzne soli, oxidy, amoniak, sulfán). Uvedené procesy prebiehajú za spoluúčasti rôznych pôdných **mikroorganizmov** (baktérie, prvoky, huby, plesne), ktoré spolu s prítomnými **makroorganizmami** (červy, hmyz, hlodavce ...) určujú svojou aktivitou **biologické vlastnosti pôdy**.

Prínos makroorganizmov je hlavne v ich mechanickom narušovaní a kyprení pôdy, čím sa zlepšuje jej permeabilita a zintenzívňujú oxidačné procesy. Z verejnozdravotného hľadiska je významná skutočnosť, že uvedené rozkladné a oxidačné procesy vytvárajú v nenarušenej pôde podmienky nevhodné pre život patogénnych mikroorganizmov.

3.2 ZNEČIŠŤOVANIE PÔDY A JEHO VPLYV NA ĎALŠIE ZLOŽKY ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA

Samočistiaca schopnosť pôdy (uvádzaná v predchádzajúcej časti) sa v plnom rozsahu uplatňuje pri kontaminantoch prírodného pôvodu, pre ktoré sa v procese evolúcie vytvorili mechanizmy na ich elimináciu spojenú so zhodnotením vzniknutých produktov. Iné je to s kontaminantami antropogenného pôvodu: len časť z nich nepredstavuje problém pre uvedené mechanizmy, ďalšie sa rozkladajú veľmi pomaly a látky s polčasom rozkladu väčším ako 1 rok sa pokladajú za nerozložiteľné. Ide o látky – **xenobiotiká**, ktoré sa v nenarušenom prírodnom prostredí nevyskytujú, boli pripravené synteticky (napr. polychlórované bifenyly). Najväčšie riziko však predstavujú také xenobiotiká (ale i látky prírodného pôvodu vnesené človekom v neprimeranom množstve), ktoré sú toxické pre životné prostredie, majú schopnosť doslova rozvrátiť pôdny ekosystém, ktorý môže nevratne stratiť svoje základné funkcie.

Maximálny obsah škodlivých látok v pôde stanovuje vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva SR č. 508/2004 Z. z. (s účinnosťou od 1. 4. 2013), výber z limitných hodnôt sa nachádza v tabuľke č. 11.

Tab. 11 Limitné hodnoty rizikových prvkov a látok v poľnohospodárskej pôde

Obsah v mg/kg suchej pôdy												
Pôdny druh	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	F	PAU ¹	PCB ²	NEL ³
piesočnatá, hlinito-piesočnatá	10	0,40	100	30	0,15	40	25	0,25	400	1	0,05	100
piesočnato-hlinitá, hlinitá	25	0,70	150	60	0,50	50	70	0,40	550	1	0,05	100
íllovo-hlinitá, ílovitá, íl	30	1,00	200	70	0,75	60	115	0,60	600	1	0,05	100

Poznámky: ¹ polycyklické aromatické uhľovodíky

² polychlórované bifenyly

³ nepolárne látky (uhľovodíky)

Zdroj: Príloha č. 7 k vyhláške Ministerstva pôdohospodárstva SR č. 508/2004 Z. z.

Podobne ako kontamináciou, môže človek znehodnotiť pôdu aj fyzikálnymi faktormi. Ide hlavne o antropogénne akcelerovanú eróziu pôdy (vedie k tomu napr. vyrúbanie lesov na strmších svahoch, nevhodné obhospodarovanie polí, príliš intenzívna pastva na horských lúkach), ktorá vedie nielen k nenávratnej strate pôdy a časti jej funkcií ale súčasne negatívne ovplyvňuje hydrosféru - odnesená pôda svojimi zložkami kontaminuje vodné zdroje, pričom aj prítomné biogénne prvky (dusík, fosfor) môžu mať negatívny účinok formou eutrofizácie povrchových vôd.

Medzi zložkami životného prostredia sú obojstranné vzťahy: kontaminovaná voda alebo vzduch môžu spôsobiť kontamináciu pôdy. Ďalšími príkladmi opačného vplyvu, t.j. vplyvu narušenia alebo znečistenia pôdy na ďalšie zložky ŽP - vodu a vzduch sú:

- kontaminácia vodných zdrojov dusičnanmi (v prípade neprimeranej aplikácie dusíkatých hnojív),
- kontaminácia ovzdušia oxidom dusným (N_2O), ktorý sa pri uvedenom hnojení vytvára v pôde, odkiaľ uniká do ovzdušia. Tam vykazuje dvojaký efekt - poškodzuje ozónovú vrstvu a súčasne prispieva k skleníkovému efektu, pričom absorbuje tepelné žiarenie dvestokrát intenzívnejšie voči základnému skleníkovému plynu - oxidu uhličitému.

Pre pohyb, výmeny a zadržiavanie kontaminantov jednotlivými zložkami životného prostredia všeobecne platí, že v dynamickejších zložkách ŽP - vo vzduchu a vode prevláda nariadenie a zbavovanie sa kontaminantov, kým v pôde zas ich kumulovanie.

3.3 ZDRAVOTNÉ RIZIKÁ Z PÔDY

3.3.1. RIZIKÁ Z PÔDY VŠEOBECNE

Riziká z pôdy možno všeobecne rozdeliť na:

- riziká súvisiace s mikrobiologickou a biologickou kontamináciou pôdy
- riziká súvisiace s chemickou kontamináciou pôdy.

V časti 3.1 sme uviedli, že funkčný pôdny ekosystém nevytvára dobré podmienky pre život patogénnych mikroorganizmov. V prípade **mikrobiologickej a biologickej** kontaminácie pôdy (napr. živočíšnymi exkrementami alebo z tiel uhynutých organizmov) však môžu dané patogény určitú dobu v pôde prežívať; táto doba môže v prípade patogénov tvoriacich spóry trvať aj niekoľko rokov alebo dokonca desaťročí (Anthrax).

Mikrobiologické a biologické riziká z pôdy sú spojené najmä s týmito patogénmi:

- baktérie črevných nákazlivých chorôb, napr. baktérie čeľade *Enterobacteriaceae* - rôzne salmonely, *Shigella dysenteriae*,
- spóry anaeróbných patogénov spôsobujúcich sneť slezinovú (Anthrax), botulizmus a infekcie rán, veľmi nebezpečné pre vysokú virulenciu a dlhú dobu prežívania v pôde, napr. *Bacillus anthracis*, *Clostridium botulinum*, *Cl. tetani*, *Cl. welchii*, *Vibrium septiquae*,
- pôvodca tuberkulózy *Mycobacterium tuberculosis*,

- leptospíry ikterických a anikterických chorôb, napr. *Leptospira icterohaemorrhagiae*, *L. grippotyphosa*, *L. bataviae*, *L. australis*, *L. sejroe*,
- vajíčka geohelminthov, napr. *Ascaris lumbricoides*, *Oxyuris vermicularis*, *Trichuris trichiura*,
- zoopatogénne mikroorganizmy, napr. *Pasteurella avicida*, *P. bovicida*, *P. suilla*,
- vajíčka parazitov domácich zvierat, napr. *Toxocara canis*.

Na Slovensku bola zaznamenaná nákaza antraxom napr. v r. 2010, kedy boli v okrese Svidník na východnom Slovensku vyhlásené 3 ohniská nákazy s celkovým úhynom 11 ks hovädzieho dobytku. Patogén sa pravdepodobne rozšíril na pastviny, kde sa pásol spomínaný dobytok prostredníctvom vody po dlhotrvajúcich dažďoch v uvedenom roku z mrchoviska, kam sa okolo roku 1948 zahrabávali uhynuté zvieratá (vzdialenosti ohnisk od mrchoviska bola približne v rozsahu od 1 do 7 km).

Geohelminthy prekonávajú časť svojho vývinového štádia v pôde a následne môžu preniknúť späť do ľudského organizmu kontaminovanou zeleninou alebo pokožkou.

Chemická kontaminácia pôdy prináša riziko ohrozenia ľudí daným kontaminantom, pričom k expozícii môže dôjsť:

- priamym kontaktom s pôdou,
- vdychovaním prachového aerosólu s čistočkami kontaminovanej pôdy,
- príjmom kontaminovanej vody alebo potravín pochádzajúcich z danej pôdy.

Z veľmi širokého spektra chemických kontaminantov predstavujú aktuálne riziko najmä ropa a ropné produkty, zvyšky nevhodne použitých pesticídov a priemyselných hnojív, rôzne odpady z chemického i iného priemyslu, napr. polychlórované bifenyly, ťažké kovy.

3.3.2. PIESKOVISKÁ Z HYGIENICKÉHO ASPEKTU

Z hygienického hľadiska sú s detskými pieskoviskami spojené dve skupiny zdravotných rizík: mikrobiálne a mechanické.

Mikrobiálne riziko predstavuje možnosť nakazenia sa dieťaťa (pri nedostatočnej hygiene, čo je aktuálne vzhľadom na nízky vek) rôznymi parazitárnymi, bakteriálnymi a vírusovými ochoreniami. Ide najmä o ochorenia ako:

- toxokaróza – parazitárne ochorenie, pôvodcom je *škrkavka psia a mačacia*, možný prenos na človeka po kontakte so znečisteným pieskom obsahujúcim vajíčka z trusu zvierat,
- toxoplazmóza – parazitárne ochorenie, pôvodcom je parazit *toxoplasma gondii*, prenos patogénu vajíčkami z mačacieho trusu, riziko zvyšuje často bez príznakový priebeh ochorenia až do dospelosti s následným teratogénnym efektom,
- giardióza – ochorenie vyvoláva prvok *Giardia (lamblia) intestinalis*, prenáša sa cystami prvoka, prameňom pôvodcu je mačka,
- shigelóza – hnačkové ochorenie, pôvodcom je baktéria *Shigella dysenteriae*, ktorá sa môže vyskytovať v kontaminovanom piesku,
- salmonelóza – tiež hnačkové ochorenie, pôvodcom je baktéria *Salmonella enteritidis*, najzraniteľnejšiu skupinu tvoria malé deti.

Mechanické riziko predstavuje možnosť poranenia sa ostrými predmetmi (črepiny skla, injekčné ihly) v piesku. K samotnému poraneniu sa pridáva vážne riziko súčasnej nákazy najmä hepatitídou typu B alebo C.

Povinnosti prevádzkovateľa pieskoviska legislatívne stanovuje zákon č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a tiež vyhláška Ministerstva zdravotníctva SR č. 521/2007 Z. z. o podrobnostiach o požiadavkách na pieskoviská. Uvedená vyhláška obsahuje limitné hodnoty vybraných ukazovateľov mikrobiálneho a parazitárneho znečistenia piesku a ukladá prevádzkovateľovi pieskoviska povinnosti (čistenie, prekopávanie, prehrabávanie, polievanie piesku, evidencia činnosti) takej údržby pieskoviska, aby sa eliminovalo riziko ohrozenia zdravia.

3.4 HYGIENICKÁ PROBLEMATIKA TUHÉHO ODPADU

Odpady predstavujú kategóriu predmetov a látok so silným potenciálom ohroziť zdravie ľudí alebo poškodiť životné prostredie. Preto je do časti hygieny životného prostredia venovanej pôde, ako základnej tuhej zložke životného prostredia, zaradená aj problematika tuhých odpadov - s dôrazom na ich verejnozdravotný význam, podobne ako boli do časti o vzduchu zaradené látky znečisťujúce ovzdušie a do časti o vode problematika odpadových vôd.

3.4.1. DEFINÍCIA A ROZDELENIE ODPADOV

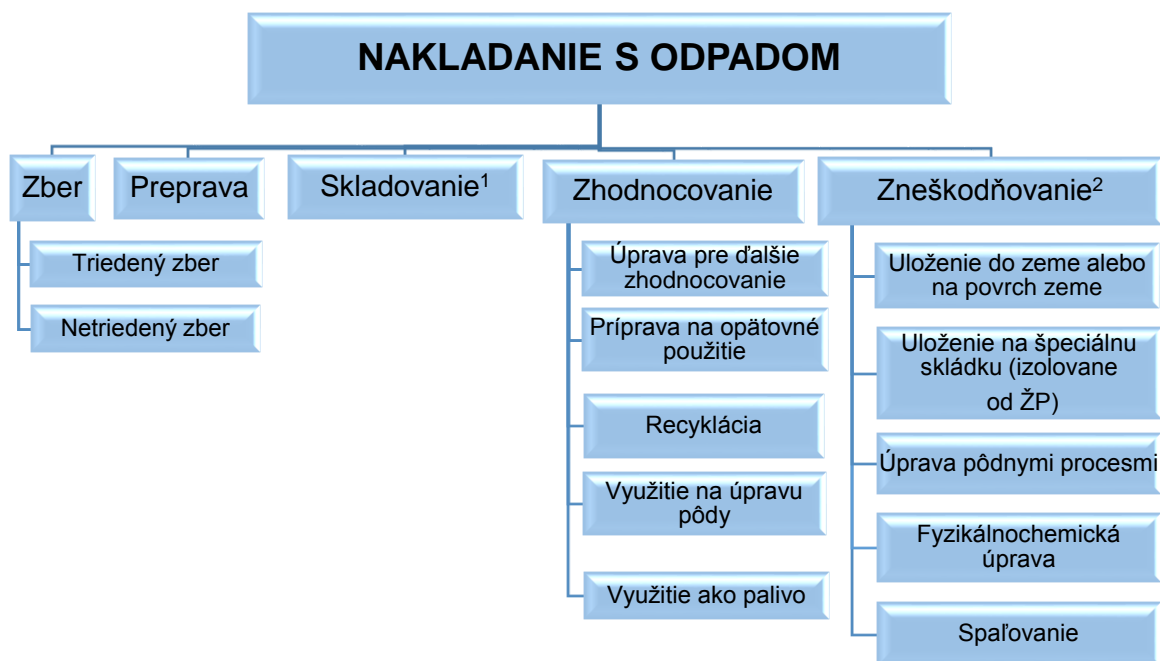
Odpad je hnutelná vec alebo látka, ktorej sa jej držiteľ zbavuje, chce sa jej zbaviť alebo je v súlade s týmto zákonom alebo osobitnými predpismi povinný sa jej zbaviť (zákon č. 79/2015 Z. z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov s účinnosťou od 1. 5. 2017).

Uvedený zákon predstavuje základný legislatívny dokument v oblasti tuhých odpadov (až na niektoré výnimky, ako odpady rádioaktívne, výbušné, odpady z drahých kovov a pod.). Okrem uvedenej definície vymedzuje ďalšie základné pojmy v tejto oblasti, čo je a nie je odpad, čo je obsahom odpadového hospodárstva a nakladania s odpadmi (obr. 8), štátnu politiku v oblasti odpadového hospodárstva vyjadrenú stanovenou hierarchiou odpadového hospodárstva (obr. 9).

Nebezpečný odpad je definovaný ako *odpad, ktorý má aspoň jednu nebezpečnú vlastnosť uvedenú v prílohe osobitného predpisu* (Nariadenie Komisie EÚ č. 1357/2014). Takým odpadom je odpad výbušný, oxidujúci, horľavý, dráždivý, toxický pre špecifický cieľový orgán, akútne toxický, karcinogénny, leptavý, infekčný, toxický pre reprodukciu, mutagénny, uvoľňujúci akútne toxické plyny, senzibilizujúci, ekotoxický alebo nebezpečný (s vyššie uvedenými vlastnosťami) za špecifických podmienok.

Zákon č. 79/2015 jednoznačne zakazuje hlavne:

- uložiť alebo ponechať odpad na inom mieste ako na miesto na to určenom,
- spaľovať komunálny odpad na voľnom priestranstve a vo vykurovacích zariadeniach v domácnosti.



Obr. 8 Nakladanie s odpadom a súvisiace pojmy

Poznámky: ¹⁾ Skladovanie odpadu je dočasné uloženie odpadu pre niektorou z činností jeho zhodnocovania alebo zneškodňovania

²⁾ Uvedené sú len vybrané činnosti zneškodňovania

Zdroj: zákon NR SR č. 79/2015 Z. z.

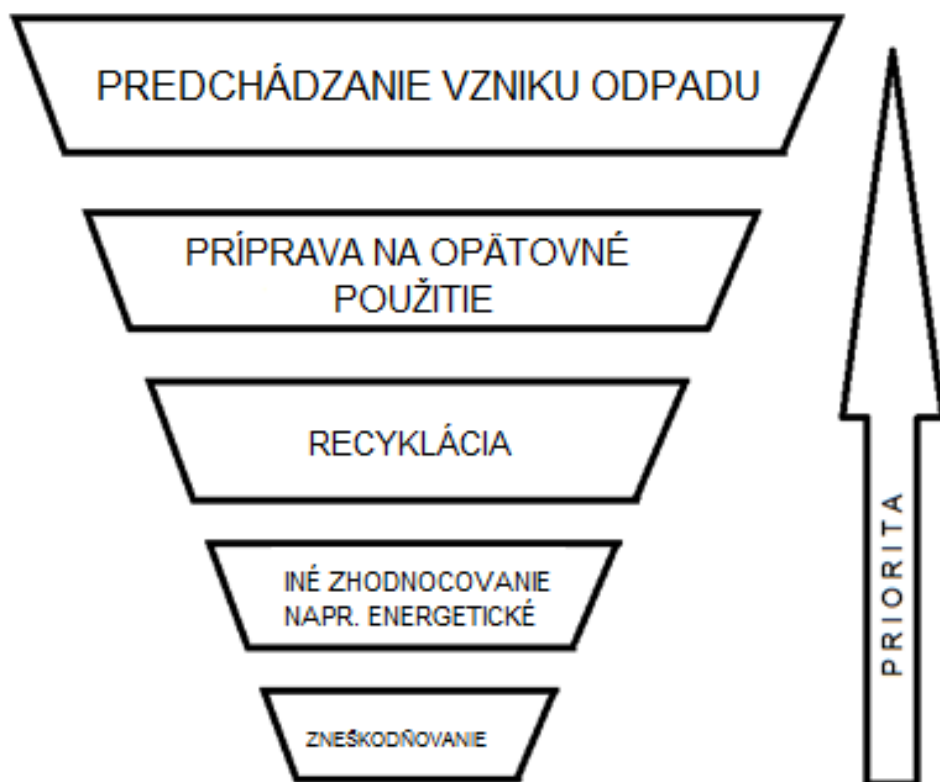
Rozdelenie odpadov legislatívne upravuje vyhláška Ministerstva životného prostredia SR č. 365/2015 Z. z., ktorou sa ustanovuje Katalóg odpadov (s účinnosťou od 1. 1. 2016): Odpady sa členia na dve základné kategórie – nebezpečné odpady označené písmenom „N“ a odpady, ktoré nie sú nebezpečné („ostatné odpady“) označené písmenom „O“. Ďalej sa odpady delia na menšie celky: skupiny, podskupiny, druhy a poddruhy, pričom Katalóg odpadov obsahuje pri jednotlivých druhoch a poddruhoch aj označenie kategórie N alebo O. Skupín je celkovo 20 a sú skrátené uvedené v tabuľke 12. Tabuľka 13 obsahuje vybrané podskupiny a niekoľko druhov zo skupiny 20 - komunálne odpady.

Z uvedenej hierarchie odpadového hospodárstva a existencie rizík, ktoré predstavujú rôznou mierou jednotlivé druhy odpadov pre zdravie ľudí a pre životné prostredie, jasne vyplýva nutnosť triedenia odpadov. Bez neho nie je možné ich opätovné použitie, zhodnocovanie alebo zneškodňovanie s minimalizovaním uvedených rizík.

3.4.2 NEBEZPEČNÉ ODPADY

Nebezpečné odpady, vzhľadom na svoje vlastnosti uvedené v časti 3.4.1, predstavujú najvyššie riziko pre zdravie ľudí a životné prostredie. Okrem priameho pôsobenia na ľudí je možné aj ich negatívne pôsobenie prostredníctvom narušeného životného prostredia. Preto tvorí problematika nebezpečných odpadov kľúčovú časť odpadového hospodárstva štátu, je

detailne legislatívne spracovaná, pričom si postupujúci technický pokrok vynucuje pomerne časté aktualizovanie legislatívnych dokumentov. Nakladanie s odpadmi je možné len spôsobmi stanovenými právnymi predpismi, ktoré obsahujú špecifické spôsoby nakladania s jednotlivými druhmi nebezpečných odpadov (**osobitné prúdy odpadov** stanovené zákonom NR SR č. 79/2015).



Obr. 9 Hierarchia odpadového hospodárstva

Zdroj: zákon NR SR č. 79/2015 Z. z.

Nebezpečné odpady sa zhodnocujú a zneškodňujú prednostne pred ostatnými odpadmi. V zmysle uvedenej hierarchie odpadového hospodárstva má najvyššiu prioritu zabrániť tvorbe odpadov, najmä nebezpečných, alebo aspoň minimalizovať ich množstvo a nebezpečnosť. Preto legislatíva (zákon č. 79/2015 a vyhláška MŽP SR č. 373/2015 s účinnosťou od 1. 2. 2017) stanovuje **rozšírenú zodpovednosť výrobcov**, ktorí vyrábajú vyhradené výrobky. Sú to výrobky, z ktorých vzniká hlavne nebezpečný odpad, preto ich výrobcovia nesú zodpovednosť za celý životný cyklus svojich výrobkov vrátane zhodnocovania alebo zneškodňovania príslušného odpadu. Takýmito skupinami výrobkov sú:

- elektrozariadenia
- batérie a akumulátory
- obaly

- vozidlá
- pneumatiky
- neobalové výrobky (z plastov, skla a z viacvrstvových kombinovaných materiálov na báze lepenky).

Tab. 12 Zoznam skupín odpadov

Číslo skupiny	Názov skupiny (skrátенý)
01	odpady z ťažby a spracovania nerastov a kameňa
02	odpady z poľnohospodárstva, lesníctva, poľovníctva, rybárstva, potravinárstva
03	odpady zo spracovania dreva, z výroby papiera, celulózy, reziva, nábytku
04	odpady z kožiarskeho, kožušničkeho a textilného priemyslu
05	odpady zo spracovania ropy, čistenia zemného plynu a pyrolýzy uhlia
06	odpady z anorganických chemických procesov
07	odpady z organických chemických procesov
08	odpady z výroby a používania náterových hmôt, lepidiel, tmelov, farbív
09	odpady z fotografického priemyslu
10	odpady z tepelných procesov
11	odpady z chemickej povrchovej úpravy kovov, z nanášania kovov
12	odpady z tvarovania, fyzikálnej a mechanickej úpravy povrchov kovov a plastov
13	odpady z olejov a kvapal. palív okrem jedlých olejov a odpadov zo skup. 05 a 12
14	odpadové organické rozpúšťadlá, chladiace látky, hnacie médiá
15	odpadové obaly, absorbenty, handry na čistenie, filtračný materiál, ochr. odevy
16	odpady inak nešpecifikované v tomto katalógu
17	odpady stavebné a z demolácií, zemina z kontaminovaných miest
18	odpady zo zdravotnej alebo veterinárnej starostlivosti
19	odpady zo zariadení na úpravu odpadu, z úpravní vody
20	komunálne odpady z domácnosti a im podobné z obchodu, inštitúcií, priemyslu

Zdroj: vyhláška MŽP SR č. 365/2015 Z. z., príloha č. 1

Okrem uvedených skupín výrobkov definuje zákon č. 79/2015 tieto osobitné prúdy odpadov so špecifickým nakladaním:

- odpadové oleje
- stavebné odpady a odpady z demolácií
- odpady z výroby oxidu titaničitého
- polychlórované bifenyly (PCB).

Zvlášť vysoké riziko predstavujú PCB vzhľadom na svoje viaceré nebezpečné vlastnosti (akútna a chronická toxicita, pravdepodobný karcinogén), na svoju stálosť v životnom prostredí (patria medzi POP_s - perzistentné organické škodliviny) a na svoju schopnosť hromadiť sa v tukových zložkách potravinového reťazca i v tukovom tkanive človeka.

PCB sú to hydrofóbne olejovité kvapaliny, ktoré do 1984 vyrábal podnik Chemko Strážske na východnom Slovensku, kde sa doteraz nachádzajú v životnom prostredí. Nemožno ich zneškodňovať v bežných spaľovniach odpadu, nakoľko by pritom vznikli ešte toxickéjšie a karcinogénne dioxíny. PCB sa na Slovensku zneškodňujú vysokoteplotným spaľovaním v spaľovni nebezpečného odpadu pri Prešove a tiež nespáľovacou sodíkovou technológiou.

Tab. 13 Niektoré podskupiny a druhy komunálneho odpadu.

Číselný kód	Názov	Kategória
20	KOMUNÁLNE ODPADY	
20 01	ZLOŽKY KOMUNÁLNYCH ODPADOV Z TRIEDENÉHO ZBERU	
20 01 01	papier a lepenka	O
20 01 02	sklo	O
20 01 03	viacvrstvové kombinované materiály na báze lepenky	O
20 01 21	žiarivky a iný odpad obsahujúci ortuť	N
20 01 25	jedlé oleje a tuky	O
20 01 26	olej a tuky iné ako uvedené v 20 01 25	N
20 01 39	plasty	O
20 02	ODPADY ZO ZÁHRAD, PARKOV, CINTORÍNŮV	
20 03	INÉ KOMUNÁLNE ODPADY	
20 03 01	zmesový komunálny odpad	O

Zdroj: vyhláška MŽP SR č. 365/2015, príloha č. 1

Vysoké riziká predstavujú i odpady s obsahom ťažkých kovov, najmä ortuti, kadmia, olova, chrómu a niklu, ktoré sa tiež môžu hromadiť v organizmoch, vykazujú pritom akútnu a chronickú toxicitu, väčšinou i karcinogenitu (okrem ortuti). Zhodnocovanie a zneškodňovanie daných odpadov zabezpečujú prevažne ich výrobcovia (batérie, akumulátory, elektrozariadenia).

Odpady s mikrobiologickým rizikom zo zdravotníckych a podobných zariadení sa zneškodňujú buď spaľovaním alebo dekontamináciou (prevažne mikrovlnným ohrevom) po ktorej môžu byť uložené na skládku.

Nakladanie s rádioaktívnym odpadom sa riadi zákonom NR SR č. 541/2004 Z. z. o mierovom využívaní jadrovej energie a o zmene a doplnení niektorých zákonov. (atómový zákon s účinnosťou od 1.8. 2017). Najväčšie riziko predstavuje vyhoreté palivo z jadrových reaktorov s vysokou radiáciou a súčasne produkciou tepla, ktoré časom klesajú. Toto palivo sa skladuje potrebnú dobu - cca 4-7 rokov v bazéne vyhoreného paliva (vymieracia nádrž) v jadrovej elektrárni, následne sa skladuje v úložisku jadrového odpadu.

3.4.3 ODPADY, KTORÉ NIE SÚ NEBEZPEČNÉ - OSTATNÉ ODPADY

Ostatné odpady sa nevyznačujú nebezpečnými vlastnosťami, nepredstavujú teda veľké riziká pre zdravie ľudí a životné prostredie. Neznamená to však, že s nimi možno nakladať ľubovoľne: ich nevhodné zhodnocovanie či zneškodňovanie (v rozpore s legislatívou) zvyčajne vedie k vzniku nebezpečných vlastností pôvodne neškodného odpadu, prípadne ku vzniku nebezpečných sekundárnych látok.

Typickými príkladmi sú:

- domáce spaľovanie rôzneho komunálneho odpadu,
- ukladanie odpadu na divoké skládky,
- vyhadzovanie odpadu do vodných tokov.

Pri domácom spaľovaní vznikajú horením niektorých plastov vysokotoxické plyny, napr. kyanovodík a oxid uhoľnatý z polyamidu, chlorovodík a fosgén z PVC.

Okrem uvedeného nesprávneho nakladania je pri ostatných odpadoch problematické ich veľké množstvo a s tým súvisiace finančné náklady na ich zneškodňovanie či zhodnocovanie.

Podľa informačného portálu MŽP SR (enviroportál) má tvorba odpadov za sledované roky 2005-2015 približne vyrovnaný priebeh, vznik nebezpečných odpadov pritom zaznamenal pokles o 38%, množstvo vzniknutých odpadov bez komunálneho odpadu pokleslo o 8%, množstvo komunálneho odpadu sa však zvýšilo o 18%. V prepočte na 1 obyvateľa vzniklo na Slovensku v roku 2015 348 kg komunálneho odpadu, asi 1520 kg ostatného odpadu (bez komunálneho) a 75 kg nebezpečného odpadu. Pri medzinárodnom porovnaní vzniku komunálneho odpadu je Slovensko na 24. mieste z 28 porovnávaných európskych štátov. Menej pozitívna je však skutočnosť, že Slovensko má veľmi nízku úroveň zhodnocovania komunálneho odpadu - patrí, medzi štáty s najnižšou mierou zhodnocovania (15-20 % podľa rôznych kritérií).

3.5 POHREBNÍCTVO Z HYGIENICKÉHO ASPEKTU

Pohrebníctvo je špecifická oblasť ľudských činností, ktorej výkon zohľadňuje okrem zdravotného a hygienického hľadiska aj duchovné a etické hľadisko založené na úcte k ľudským pozostatkom. V zmysle európskych kultúrnych tradícií je najčastejšou formou nakladania s ľudskými pozostatkami ich uloženie do zeme čo bolo východiskom pre zaradenie tejto problematiky do celku PÔDA. Ďalšiu formu nakladania predstavuje kremácia.

Legislatívu v oblasti pohrebníctva predstavuje zákon NR SR č. 131/2010 Z. z. o pohrebníctve s účinnosťou od 1. 1. 2011. Podľa uvedeného zákona:

- ľudské pozostatky musia byť pochované na pohrebisku alebo spopolnené,
- s ľudskými pozostatkami a ľudskými ostatkami (pozostatky po pochovaní) sa musí zaobchádzať dôstojne a tak, aby nedošlo k ohrozeniu verejného zdravia alebo verejného poriadku,
- ľudské pozostatky, ktoré nie sú uložené v chladiacom zariadení sa musia pochovať do 96 hodín od úmrtia, nie však pre uplynutím 48 hodín od úmrtia (posledné neplatí v prípade pitvy),
- ľudské pozostatky, ktoré sú uložené v chladiacom zariadení sa musia pochovať do 14 dní,
- ľudské pozostatky osoby, ktorá bola v čase úmrtia nakazená vysoko virulentným ochorením sa musia uložiť do vzduchotesne uzatvárateľnej rakvy s nepriepustnou vložkou.

Zákon ďalej špecifikuje podmienky prepravy ľudských prostriedkov, podmienky zriaďovania a prevádzkovania pohrebísk a krematórií, podmienky prípadnej exhumácie, podmienky ďalšieho pochovávania do staršieho hrobu. Všeobecne pritom platí, že ľudské ostatky musia byť uložené v hrobe najmenej do uplynutia tlecej doby, ktorá podľa zloženia pôdy musí trvať najmenej 10 rokov. Zrušenie pohrebiska je možné až po uplynutí tlecej doby všetkých uložených ľudských ostatkov.

LITERATÚRA

- BARANČÍKOVÁ, G. a kol.: Chémia životného prostredia. Prešov, Prešovská univerzita v Prešove, 2009. 255 s. ISBN 978-80-555-0082-9. Dostupné tiež na: <http://www.pulib.sk/elpub2/FHPV/Fazekasova1/>
- BUCHANCOVÁ J. a kol. Pracovné lekárstvo a toxikológia. Martin: Osveta, 2003. 1133 s. ISBN 80-8063-113-1.
- DUFFIN, R. a kol.: Nanoparticles – a thoracic toxicology prospective. Yonsey Medical J. 2007; 48(4): 561-572.
- Enviroportál: Vznik odpadov. <https://www.enviroportal.sk/indicator/detail?id=501>
- EurActiv: Kto recykluje menej odpadu ako Slovensko. <https://euractiv.sk/clanky/zivotne-prostredie/kto-recykluje-menej-odpadu-ako-slovensko-infografika/>
- Európska environmentálna agentúra: Znečistenie ovzdušia <https://www.eea.europa.eu/sk/themes/air/intro>
- FOJTÍK, A. a kol.: NANO fascinující fenomén současnosti. Dobřany, COMTES FTH a.s., 2014. 288 s. ISBN 978-80-260-7135-8.
- HNONLINE: Černobyl' stále zabíja, nie však po tisícoch <http://hnonline.sk/svet/116360-chernobyl-stale-zabija-nie-vsak-po-tisicoch>
- International Atomic Energy Agency: Chernobyl Nuclear Accident. <https://www.iaea.org/newscenter/statements/statement-marking-30th-anniversary-of-chernobyl-accident>
- International Atomic Energy Agency: The Fukushima Daiichi Accident. <http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/AdditionalVolumes/P1710/Pub1710-TV4-Web.pdf>
- KRÁLINSKÝ, K. – MEČIAKOVÁ, M.: Alimentárna methemoglobínémia. In: Pediatr. prax, 2014, 15(1): 33-36.
- KUKA, S. a kol.: Nanomaterials – a new and former public health issue. The case of Slovakia. Cent Eur J Public Health 2016; 24(4): 308-313.
- Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR: Hodnotenie rizika výskytu Antraxu v SR. <http://www.mpsr.sk/index.php?navID=525&navID2=525&sID=111&id=4294>
- Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR: Štátna pôdna politika Slovenskej republiky. www.mpsr.sk/download.php?fID=478
- MOLNÁROVÁ, M. a kol.: Antropogénne vplyvy na atmosféru, hydrosféru a pedosféru. Bratislava, Vydavateľstvo UK, 2011. 237s. ISBN 978-80-223-3112-8.
- NARIADENIE KOMISIE (EÚ) č. 1357/2014 z 18. decembra 2014, ktorým sa nahrádza príloha III k smernici Európskeho parlamentu a Rady 2008/98/ES o odpade a o zrušení určitých smerníc. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R1357&from=SK>
- Nariadenie vlády SR č. 269/2010 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd. <http://www.zakonypreludi.sk/zz/2010-269>

NASA: GLOBAL CLIMATE CHANGE. The relentless rise of carbon dioxide.

http://climate.nasa.gov/climate_resources/24/

ROVNÝ, I. a kol.: Hygiena 1. Martin, Osveta, 1998. 200 s. ISBN 80-88824-31-1.

ROVNÝ, I. a kol.: Hygiena životného prostredia. Bratislava, HERBA s.r.o., 2004. ISBN 80-89171-22-2.

RUVZ Čadca, Odbor hygieny životného prostredia: Hygienické zabezpečenie vody, spôsoby dezinfekcie vody. www.ruvzca.sk/hzp4.htm

SHMU: Emisie do ovzdušia podľa priemyselného odvetvia, 2008, 2012, 2015.

http://www.shmu.sk/File/Emisie/2017_AEA_profil_SHMU_2008_R.pdf

http://www.shmu.sk/File/Emisie/2017_AEA_profil_SHMU_2012_R.pdf

http://www.shmu.sk/File/Emisie/2017_AEA_profil_SHMU_2015_R.pdf

SHMU: Hodinové koncentrácie znečisťujúcich látok.

http://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=oko_imis

SHMU: Teplotná inverzia. <http://www.shmu.sk/sk/?page=2049&id=668>

ŠEVČÍKOVÁ, Ľ. a kol.: Hygiena. Bratislava, Vydavateľstvo Univerzity Komenského, 2006. 328 s. ISBN 80-223-2103-6.

Štátny zdravotný ústav v Banskej Bystrici: Projekt CESAR II.

www.vzbb.sk/sk/projekty/cesar_web.pdf

ŠULCOVÁ, M. a kol.: Verejné zdravotníctvo. Bratislava, VEDA, vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 2012. 654 s. ISBN 978-80-224-1283-4.

Terminologický Slovník ENviromentálneho Zdravia: Fluór. Univerzitný vedecký park UK v Bratislave. <https://uvp.geonika.sk/teslo/index.php/Fluór>

Úrad jadrového dozoru SR: Mimoriadna národná správa Slovenskej republiky.

[http://www.ujd.gov.sk/ujd/WebStore.nsf/viewKey/MNS_JB_2012.pdf/\\$FILE/MNS_JB_2012.pdf](http://www.ujd.gov.sk/ujd/WebStore.nsf/viewKey/MNS_JB_2012.pdf/$FILE/MNS_JB_2012.pdf)

Úrad verejného zdravotníctva SR: Zdravotné riziká pieskovísk a legislatíva.

http://www.uvzsr.sk/index.php?option=com_content&view=article&id=1484:zdravotne-rizika-znpieskovisk-a-legislativa&catid=63:deti-a-mlade&Itemid=70

Vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva SR č. 508/2004 Z. z., ktorou sa vykonáva § 27 zákona č. 220/2004 Z. z. 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.

<http://www.zakonypreludi.sk/zz/2004-508>

Vyhláška MZ SR č. 247/2017 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o kvalite pitnej vody, kontrole kvality pitnej vody, programe monitorovania a manažmente rizík pri zásobovaní pitnou vodou. https://www.slov-lex.sk/static/pdf/2017/247/ZZ_2017_247_20171015.pdf

Vyhláška MZ SR č. 308 / 2012 Z. z. o požiadavkách na kvalitu vody, kontrolu kvality vody a o požiadavkách na prevádzku, vybavenie prevádzkových plôch, priestorov a zariadení na prírodnom kúpalisku a na umelom kúpalisku. http://www.uvzsr.sk/docs/leg/308_2012.pdf

Vyhláška MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia. www.zakonypreludi.sk/zz/2016-244

Vyhláška MŽP SR č. 365/2015 Z. z., ktorou sa ustanovuje Katalóg odpadov. <http://www.epi.sk/zz/2015-365>

Vyhláška MŽP SR č. 373/2015 Z. z. o rozšírenej zodpovednosti výrobcov vyhradených výrobkov a o nakladaní s vyhradenými prúdmi odpadov. <http://www.zakonypreludi.sk/zz/2015-373>

Vyhláška MŽP SR č. 410/2012 Z. z. , ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona o ovzduší. www.zakonypreludi.sk/zz/2012-410

Výnos Ministerstva pôdohospodárstva SR a Ministerstva zdravotníctva SR z 15. marca 2004 č. 608/9/2004 - 100, ktorým sa vydáva hlava Potravinového kódexu Slovenskej republiky upravujúca prírodnú minerálnu vodu, pramenitú vodu a balenú pitnú vodu. http://www.svps.sk/dokumenty/legislative/608_9_2004.pdf

WHO: Global Health Observatory (GHO) data. Water and sanitation. http://www.who.int/gho/mdg/environmental_sustainability/en/

Zákon NR SR č. 131/2010 Z. z. o pohrebníctve. <http://www.zakonypreludi.sk/zz/2010-131>

Zákon NR SR č. 137/2010 Z. z. o ovzduší. www.zakonypreludi.sk/zz/2010-137

Zákon NR SR č. 150/2017 Z. z., ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov a ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 442/2002 Z. z. o verejných vodovodoch a verejných kanalizáciách a o zmene a doplnení zákona č. 276/2001 Z. z. o regulácii v sieťových odvetviach v znení neskorších predpisov. https://www.slov-lex.sk/static/pdf/2017/150/ZZ_2017_150_20171015.pdf

Zákon NR SR č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov. <http://www.epi.sk/zz/2007-355>

Zákon NR SR č. 364/2004 Z. z. o vodách a o zmene zákona NR SR č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon). www.epi.sk/zz/2004-364

Zákon NR SR č. 541/2004 Z. z. o mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov. [http://www.ujd.gov.sk/ujd/WebStore.nsf/viewKey/ZZ_2004_541_20170801/\\$FILE/ZZ_2004_541_20170801.pdf](http://www.ujd.gov.sk/ujd/WebStore.nsf/viewKey/ZZ_2004_541_20170801/$FILE/ZZ_2004_541_20170801.pdf)

Zákon NR SR č. 725/2004 Z. z. o podmienkach prevádzky vozidiel v premávke na pozemných komunikáciách a o zmene a doplnení niektorých zákonov. www.zakonypreludi.sk/zz/2004-725

Zákon NR SR č. 79/2015 Z. z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov. <http://www.zakonypreludi.sk/zz/2015-79>