

VZORKOVANIE ATMOSFÉRICKÝCH VÔD Z HĽADISKA SPRÁVNOSTI A BEZPEČNOSTI

Maroš SIROTIK – Lenka BLINOVÁ – Alica BARTOŠOVÁ

SAMPLING OF ATMOSPHERIC WATERS WITH REGARD TO ACCURACY AND SAFETY

ABSTRAKT

Atmosféra umožňuje veľký a rýchly presun kontaminantov v rámci Zeme. Vypršanie a vymývanie sú najdôležitejšie mechanizmy samočistenia ovzdušia, ktoré zároveň umožňujú vykonať hodnotenie kvality ovzdušia. Cieľom tohto príspevku je popísať riziká pri vzorkovaní atmosférických vôd, navrhnúť preventívne a ochranné opatrenia na ich zníženie, prípadne vylúčenie.

KLúčové slová: atmosférické vody, zrážky, vzorkovanie, bezpečnosť

ABSTRACT

Atmosphere allows rapid and considerable movement of contaminants within the Earth. Rainout and washout are the most important mechanisms of air self-cleaning. That also allowing their quality evaluation. The aim of this paper is to describe the risks of atmospheric waters sampling, suggest preventive and protective arrangements to reduce it, or possibilities of their exclusion.

Key words: atmospheric waters, rainfall, sampling, safety

ÚVOD

Atmosférické vody (zrážky, hydrometeory) vznikajú ako produkt kondenzácie alebo sublimácie vodnej pary. O vertikálnych (padajúcich) zrážkach hovoríme vtedy, ak v dôsledku gravitácie vypadávajú z hmiel a oblakov na zemský povrch v kvapalnom, alebo tuhom skupenstve. Patria sem *dážď* (padajúce vodné kvapky s priemerom 0,5 – 5 mm), *mrznúci dážď* (výskyt len v zimnom období, keď v dôsledku teplotnej inverzie dážď padá na zemský povrch s teplotou pod 0 °C), *zmrznutý dážď* (vyskytuje sa pri rovnakých podmienkach ako mrznúci dážď, ale vrstva studeného vzduchu cez ktorú kvapalné zrážky padajú je hrubšia a preto počas pádu dažďové kvapky stihnú vo vzduchu zmrznúť a na zem dopadnú ako ľadové zrná) *mrholenie* (drobné vodné kvapky s priemerom do 0,5 milimetra, ktoré vypadávajú z oblakov alebo hmly a sú unášané aj veľmi slabým vetrom), *mrnvice mrholenie* (podobne ako mrznúci dážď), *sneh* (zrážky tvorené ľadovými kryštálkami, ktoré sú pri teplotách okolo 0 °C a slabo pod nulou pospájané do vločiek), *dážď zo snehom* (sneh padá cez hrubšiu vrstvu vzduchu s kladnou teplotou, no táto vrstva nie je hrubá natoľko, aby sa sneh stihol úplne roztopiť), *snehové krúpy* (majú charakter bielych, nepriesvitných a mäkkých ľadových zrn s veľkosťou do 6 mm, ktoré sa pri dopade triešia), *snehové zrná* (biele, veľké do 1 mm, pri dopade na zem sa netriešia), *snehové ihlice* (padajú z hmly pri teplotách pod -5 °C), *krúpy* (silné výstupné prúdy napr. pri búrках vynášajú vodné kvapky do veľkých výšok, kde zamrzajú).

Vzniknuté ľadové útvary začnú padať, no výstupné prúdy ich vynesú opäť do väčších výšok, kde na nich namrzajú ďalšie vodné kvapky. Čím viac krát sa tento cyklus opakuje, tým sú krúpy väčšie, až sú tak ťažké, že ich výstupné prúdy neudržia a spadnú na zem). O horizontálnych zrážkach hovoríme vtedy, ak sa z ovzdušia priamo vylučujú na povrchu pôdy a predmetov. Horizontálne zachytené zrážky sa vytvárajú v atmosfére a v dôsledku horizontálneho prúdenia sa zachytávajú na prekážkach. Patria sem horizontálne zrážky z hmly, zrnitá námraza. Horizontálne usadené zrážky vznikajú v dôsledku kondenzácie, resp. sublimácie vodnej pary na povrchu a predmetoch, napríklad horizontálne zrážky z *rosy* (vzniká v noci za jasného počasia, keď zemský povrch vyžaruje teplo a tým sa ochladzuje).

Keď klesne teplota povrchu pod teplotu rosného bodu, začne na ňom kondenzovať vodná para a vzniká rosa.), *zamrznutá rosa* (vzniká tak ako rosa, no teplota po jej vzniku klesne pod 0 °C a kvapky rosy zamrznú) *srieň* (*osuheľ*, *šedý mráz*) (vzniká analogicky ako rosa, avšak sublimáciou vodnej pary na povrchu so zápornou teplotou. Má jemnú kryštalickú štruktúru, tvorí sa na stebľách trávy, na vodorovných plochách, strechách, nie však na drótoch a stromoch.), *kryštalická námraza* (*inovat'*) (tvorí sa rovnako ako rosa, ale keď

teplota klesne pod -8°C , vyskytuje sa aj na drôtoch a stromoch. Máva tvar šupín alebo ihlíc so zreteľnou kryštalickou štruktúrou.), *námraza* (biela ľadová usadenina, vzniká keď je teplota vzduchu pod nulou a vyskytuje sa prúdiaca hmla, resp. oblaky v horských polohách, ich kvapky pri strete s povrchom stromov, budov, lietadiel okamžite mrznú a vytvára sa tak biela vrstva ľadu so zrnitou štruktúrou), *priesvitná námraza* (ak má zemský povrch teplotu nižšiu ako 0°C a prší, kvapky dažďa pri dopade naň zamrzávajú a tvoria tak súvislý ľadový obal). [1]

Zrážkové javy sú najdôležitejším procesom samočistenia atmosféry. Deje sa dvoma odlišnými mechanizmami – vypršaním pri tvorbe oblakov a vymývaním zrážkami pod oblakmi. Prakticky všetky zložky prítomné v atmosfére (plynné aj pevné) sú v rôznych koncentráciách zastúpené aj v zrážkovej vode. Nasýtenie plynými zložkami sa deje rozpúšťaním plynov v zrážkovej vode podľa Henryho zákona (napr. CO , N_2O , CH_4). Ďalšími mechanizmami sú rozpúšťanie s následnou reverzibilnou hydratáciou a disociáciou (napr. CO_2 , NH_3) a rozpúšťanie s nasledujúcimi ireverzibilnými chemickými reakciami (napr. SO_2 , NO_2). Vymývanie a reakcie plynov sú zvlášť účinné pri krátkotrvajúcich dažďoch alebo v prvej fáze dažďa (prvých 5 mm zrážok). Vyprševanie aerosólov sa deje jednak pohlcovaním kondenzačných jadier, jednak zachytávaním častíc Brownovým pohybom a gradientom napätia vodnej pary. Účinnosť pohlcovania kondenzačných jadier je tým väčšia, čím je menšia početnosť aerosólových častíc a čím obsahujú väčší podiel rozpustných častíc. Napríklad, pre aerosól morského pôvodu s početnosťou častíc menšou ako $200 - 300 \text{ cm}^{-3}$ je účinnosť pohlcovania 90 – 100 %, pre koncentrovaný kontinentálny aerosól klesá asi na 50 %. Súvisí to aj s chemickým zložením častíc – morský aerosól obsahuje predovšetkým rozpustné látky, zatiaľ čo pevný aerosól vykazuje zvýšený obsah prvkov ako Al, Mn, V. Vymývanie aerosólov pod oblakmi sa deje ich zachytávaním kvapkami, najmä v nízkych vrstvách ovzdušia s vysokou koncentráciou veľkých častíc (1 – 2 μm), typickými pre antropogénne znečistené ovzdušie.

Medzi ďalšie faktory, ktoré majú vplyv na chemické zloženie zrážok patria množstvo, frekvencia a typ zrážok, teplota a vlhkosť vzduchu a pôvod vzduchovej hmoty, z ktorej sa vytvorili oblaky. Koncentrácie väčšiny iónov v zrážkovej vode vykazujú sezónne zmeny s výrazným jarným maximom. Najtypickejšími zložkami zrážkových vôd sú ióny Na^+ a Cl^- , ktoré sú najhojnejšie v morskej vode. Oba prvky však môžu byť do atmosféry vnášané aj priemyselnou (Cl) alebo poľnohospodárskou činnosťou (Na). Ďalšie prvky sa do zrážkových vôd dostávajú pri zvetrávaní hornín a ich zachytení vetrom (napr. K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) a priemyselnou či poľnohospodárskou činnosťou (napr. NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-}). Veľmi dôležitým údajom o zrážkovej vode je hodnota pH. Dažďová voda má najčastejšie mierne kyslú reakciu, danú obsahom CO_2 . Hodnota pH sa pohybuje medzi 4 – 6, výnimočne však môže klesnúť aj pod 3 (v dôsledku acidifikácie z emisií oxidov dusíka a síry) alebo vystúpiť nad 7 (v dôsledku alkalizácie, napríklad v blízkosti magnezitových lomov). Podobne ako je možné kvantitatívne hodnotiť klímu podľa teploty, zrážok, tlaku vzduchu či vlhkosti, bolo by možné rozlíšiť charakteristické typy „chemickej klímy“ na základe zloženia zrážkových vôd, obsahu minoritných plyných prímiesi (najmä pachotvorných, napr. ozónu, sulfánu, oxidov dusíka, oxidu siričitého, uhlíkovodíkov, terpénov a iných organických látok) a koncentrácie aerosólových častíc vrátane ich zloženia.

Morské a prímorské oblasti sú charakteristické nízkym obsahom látok pevninského pôvodu (väčšina plyných stopových prímiesi), celkovo nízkou koncentráciou aerosólov a predovšetkým typickým chemickým zložením častíc a zrážkovej vody s vysokými obsahmi Na, Cl, Br, I. Aridne oblasti sú typické nízkym obsahom látok biogénneho pôvodu a vysokým obsahom aerosólu tvoreného silikátovými časticami. Vysokohorské a polárne oblasti charakterizuje nízky obsah takmer všetkých stopových prvkov vrátane aerosólu s výnimkou ozónu, ktorý tu má relatívne vysokú koncentráciu. Nezaťažené tropické oblasti podobne ako polárne oblasti majú nízky obsah aerosólov a početné plyné stopové súčasti. Oblasti pokryté rôznou vegetáciou a oblasti urbanizovaných celkov majú tiež svoje typické zloženie zrážkových vôd a aerosólov. Viaceré stopové anorganické látky (vrátane rádioaktívnych) sa do ovzdušia dostávajú spaľovaním rôznych palív alebo priemyselnej činnosti. Mnoho stopových kovov sa adsorbuje na častice polietavého popolčeka, ktoré sú strhávané zrážkami alebo sa na zem ukladajú gravitačným usadzovaním.

Význam mnohých stopových organických zlúčenín je daný ich toxicitou vo vodnom prostredí. Napriek tomu, že úhrn ich spadu je relatívne malý, proces prebieha nepretržite a následkom toho môže časom dôjsť k ich významnému nahromadeniu. Transport ovzduším je taktiež jedným z hlavných spôsobov rozptylu organických znečistenín v prostredí. Stanovenie záťaže zo zrážok spadnutých na tieto územia vyžaduje aj údaje o emisiách, transformácii a transporte znečisťujúcich látkach z bodových alebo plošných zdrojov. [2, 3]

LOKALIZÁCIA ODBEROVÝCH MIEST

Pred tým, ako sa prikróčí k návrhu vzorkovacej siete zrážok, je treba definovať ciele vzorkovania (napr. stanovenie vplyvu miestneho zdroja znečistenia, meranie dlhodobého transportu a pod.), ktoré potom určujú rozsah a hustotu požadovaného vzorkovania. *Hustota siete* je definovaná predovšetkým priestorovou zmenou

stanovovaných ukazovateľov (regióny po vetre od hlavných zdrojov alebo zdrojových oblastí vykazujú väčšiu priestorovú a časovú zmenu – budú si vyžadovať väčšiu hustotu staníc. Hustota sa tiež bude meniť so vzdialenosťou od zdrojovej oblasti – s rastúcou vzdialenosťou klesá potrebná hustota staníc) a požadovanou mierou spoľahlivosti vzorkovania (hustota siete rastie v oblastiach s nízkou koreláciou ukazovateľov medzi susednými stanicami a klesá tam, kde je korelácia ukazovateľov medzi stanicami vysoká). Pri navrhovaní siete je treba prihliadať na sezónny pohyb vnútrozemských vzdušných mäs a na prevládajúci smer prúdenia vzduchu. *Miesto vzorkovania* má byť celoročne dostupné, najlepšie v dostupnosti cesty a zdroja elektrického prúdu (je potrebný na otváranie veka a činnosť senzorov automatických vzorkovacích zariadení, prípadne na chladenie zariadenia v lete a rozmrazovanie v zime).

Elektrické vedenie by malo byť vedené pod zemou. Ak sa nevyužíva elektrická sieť ani batérie, generátor musí byť umiestnený tak, aby výfukové plyny boli vypúšťané aspoň 10 m od zariadenia v smere prevládajúcich vetrov. Vzorkovacie zariadenie má byť umiestnené v rovnom, neporušenom teréne (odporúča sa zaznamenať všetky nerovnosti terénu v okolí), ústie vzorkovacieho zariadenia má byť 1 – 2 m nad výškou úrovne terénu, aby do neho nemohli byť naviate alebo vstriednuté hrubšie častice. Na tejto ploche nesmú byť žiadne zdroje vetrom vyvolávaného znečistenia ako sú obhospodarované polia, nespevnené cesty a pod. Pokiaľ je to možné, výhodný je otvorený zatravnovaný pozemok obklopený stromami, ktoré poskytujú ochranu pred vetrom. Mali by byť vo vzdialenosti 5 až 10 násobku ich výšky.

Budovy a stromy môžu pôsobiť problémy tým, že narúšajú prúdenie vzduchu a vytvárajú dodatočné turbulencie. Je ťažké stanoviť minimálnu vzdialenosť, ale všeobecne platí, že vzdialenosť od vzorkovača má byť väčšia ako 5 až 10 násobok výšky týchto objektov. Miestne topografické podmienky sú všeobecne dôležitejšie pri odbere snehu, než dažďa. Je treba sa úplne vyvarovať lokalitám, v ktorých sa vyskytujú prudké veterné porывy – pásma silných vertikálnych vírivých pohybov, vírivé pásma na záveternej strane tiahlej vyvýšeniny, vrchol vetrom ovievanej výšiny či strechy budov. Objem zrážok je možné stanoviť aj na otvorenej vodnej hladine (vzorkovač umiestnený na plávajúcej bóji, plytčine, malom ostrove). Podstatné je, aby bol obmedzený jeho pohyb (pevne zakotvené na dne, opatrené záťažou), aby vzorkovnica, príp. ďalšie prídavné zariadenia boli v zvislej polohe aj pri nepriaznivom počasi a aby funkciu vzorkovača neovplyvnil rozstrek vody z okolia. [3]

DOBA A FREKVENCIA VZORKOVANIA

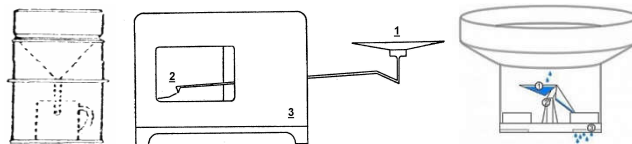
Každá dažďová preháňka, dážď, sneh a pod. predstavuje tzv. *zrážkový jav (udalosť)*. Chemický rozbor týchto jednorazových vzoriek atmosférických vôd môže určiť povahu znečisťujúcich látok v spojení s určitými konkrétnymi zrážkami, umožňuje využiť analýzu trajektórie vetra alebo podobný spôsob zistenia pravdepodobného umiestnenia zdrojov znečistenia. *Radový odber vzoriek* odporúča pre získanie informácie o zmenách zloženia zrážok behom udalosti. Ide o odber dvoch alebo viacerých vzoriek jeden za druhým, v priebehu zrážkového javu. Vzorky sa odoberajú v závislosti od času alebo objemu. *Smerové vzorkovanie* sa používa, ak je treba zistiť zloženie zrážok v korelácii so smerom dažďa a pohybom znečistenia (musia byť k dispozícii meteorologické pozorovania za primeranú dobu v danom plošnom rozsahu). Týmto spôsobom je možné porovnávať zrážky pochádzajúce zo vzdušných mäs, ktorých trajektórie prešli oblasťami alebo regiónmi s rôznymi zdrojmi znečistenia. *Kontinuálne vzorkovanie* sa používa vtedy, ak požadujeme informáciu o zrážkach a faktoroch s nimi súvisiacimi. Spočíva v nepretržitom chemickom rozbere vybraných ukazovateľov na mieste odberu v reálnom čase. Tým sa dosiahne lepšie časové rozlíšenie ako u radového odberu a dovoľuje to minútovo korelovať zloženie zrážok so smerom vetra inými meteorologickými parametrami. Tiež sa vylúčia možné pochybenia pri transporte a skladovaní vzoriek.

Pre stanovenie sezónnych zmien, tzv. *ročných cyklov akosti zrážok* sa vzorkuje čo najčastejšie (denne, týždenne), podľa možnosti po dobu minimálne 5 rokov. Zhromažďovanie vzorky po dobu dlhšie než 1 týždeň nie je vhodné, pretože môže mať za následok zmenu akosti vzorky. V niektorých prípadoch, napríklad pri analýze organických zložiek môže byť aj táto doba príliš dlhá, preto sa uvažuje s denným vzorkovaním. Podľa sezónnych zmien počasia je možné vzorkovanie stratifikovať v závislosti na počasi. Viac vzoriek sa odoberá v ročných obdobiach s vyšším úhrnom zrážok. Ak je cieľom vzorkovania *sledovanie trendov akosti zrážok* na podklade ročných údajov (okrem sezónnych zmien), sú v zásade dve možnosti ako postupovať. Prvý postup spočíva vo vzorkovaní vykonávanom v rovnomerných intervaloch (denných, týždenných) počas niekoľkých rokov. Pre určenie trendov s dostatočným stupňom spoľahlivosti majú byť k dispozícii aspoň desaťročné údaje. Druhý postup spočíva v prednostnom stanovení sezónnych zmien a potom vo voľbe sezóny, behom ktorej sa akosť zrážok zmenila najmenej. Behom tejto sezóny sa má niekoľko rokov vzorkovať a sezónny priemer sa rok po roku vyhodnocuje analýzou trendov. Pred tým, ako je zvolený druhý postup, je nutné vziať do úvahy značné množstvo podkladových informácií potrebné na potvrdenie, že zvolená sezóna je správna a meteorologický režim, zdroj znečistenia a i. boli dobre nadefinované. [3]

STANOVENIE MNOŽSTVA ZRÁŽOK

Štúdium množstva atmosférickej vody v kvapalnom a pevnom skupenstve sa v podstate týka len vertikálnych zrážok. Pri ostatných druhoch zrážok sú podmienky merania, pokiaľ ide o presnosť náročnejšie, pretože množstvo zrážok tohto druhu je obvykle malé a závisí aj od vlastností aktívneho povrchu na ktorom sa tvoria (napr. rosa). Stanovenie množstva kvapalných zrážok je postavené na (Obrázok 1):

- *objemovom princípe* – najbežnejší spôsob, zmeria sa objem spadnutých zrážok (odmerkou, plavákovým zariadením), ktorý sa prepočíta na množstvo zrážok Z (mm) ako podiel objemuspadnutých zrážok V (cm³) a záchytnej plochy zrážkomera S (cm²) vynásobenej koeficientom 0,1,
- *hmotnostnom princípe* – prepočtom zistenej hmotnosti vody cez jej hustotu (1 g vody \approx 1 cm³),
- *tzv. člnkovom princípe* – vychádza z použitia preklápacieho dvojkomorového člnka preklápajúceho sa okolo horizontálnej osi. Po naplnení určitého množstva vody do jedného z člnkov dôjde k jeho preklopeniu a vyprázdneniu, zároveň druhý člnok začína plniť a celý cyklus sa opakuje. Množstvo zrážok sa určí vynásobením objemu člnka a počtu preklopení.



Obrázok 1: Princíp zariadení na meranie zrážok – objemový, hmotnostný a člnkový

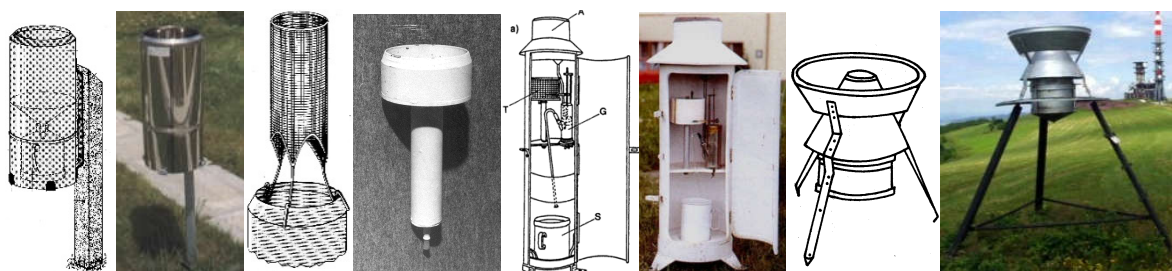
Staničný zrážkomer (*ombrometer*) patrí k najjednoduchším, ale k najrozšírenejším prístrojom, ktorý zároveň umožňuje odber vzoriek. Obvykle pozostáva zo zrážkovej nádoby, lievika, kanvice a odmerky. Tzv. štandardný československý zrážkomer pozostáva zo zrážkomernej nádoby valcovitého tvaru zhotovenej zo zinkového plachu s výškou 0,5 m a priemerom 252,3 mm.

Kompletný zrážkomer má dve takéto nádoby, jedna je rezervná na zimu. Na zrážkomernú nádobu sa nasadzuje lievik so záchytným plošným obsahom 500 cm². Zrážkomerná kanvica (2000 cm²) sa umiestňuje na dno základnej nádoby. Celý zrážkomer je umiestnený na podstavci tak, aby horný okraj lievika bol asi 1 m nad povrchom. Na zrážkomer je možné umiestniť nástavce zmiernujúce vplyv vetra.

Množstvo vody v kanvici zrážkomeru sa meria špeciálnou odmerkou (upravenou pre daný plošný obsah) a je kalibrovaná v mm vodného stĺpca. Snehové zrážky sa zachytávajú do nádoby bez lievika. Odstraňuje sa aj kanvica. Sneh sa roztopí a objem vody sa zmeria odmerkou. Pri meraní sa nádoba vymieňa za rezervnú.

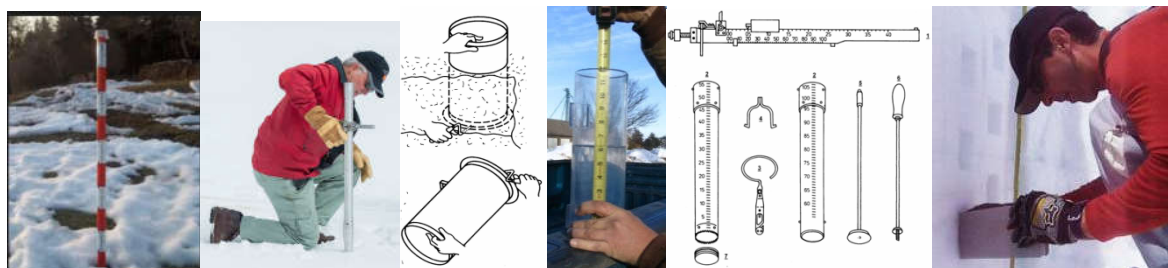
V iných krajinách sa používajú rôzne typy zrážkomerov s rôznymi plošnými obsahmi, napríklad 127 cm² (IRM, Belgicko; MK 2, Veľká Británia), 200 cm² (Hellmannov zrážkomer, Nemecko, Rakúsko, Švajčiarsko; SHMI, Švédsko), 203 cm² (Austrália), 324 cm² (U.S. Weather Service, USA; L'Association, Francúzsko), 500 cm² (Wildov zrážkomer, Bulharsko) a i. Na meranie vertikálnych aj horizontálnych zrážok súčasne sa používa Grunova metóda. Zariadenie pozostáva z dvoch Hellmannových zrážkomerov umiestnených vedľa seba (Obrázok 2). Jeden zo zrážkomerov je vybavený hmlovým zberačom z tenkej kovovej, antikorozívnej sieťky s plochou 200 cm². Počas hmlovej situácie sa na nej vyčesávajú tekuté a pevné hmlové zrážky z prúdiacich horských, resp. pobrežných hmíel. Hodnotu množstva hmlových zrážok dostaneme z rozdielu úhrnov v oboch zrážkomeroch.

Pre mikroklimatické meranie v poľnohospodárstve a lesníctve sa používajú rôzne typy malých prenosných zrážkomerov, napr. Krečmerov zrážkomer (100 cm²). Na odľahlých a zriedka navštevovaných stanovištiach sa využívajú tzv. súčtové zrážkomery (zrážkomerné totalizátory). Na rozdiel od bežných zrážkomerov majú veľkú záchytnú nádobu, ktorá musí zodpovedať očakávaným zrážkam medzi dvoma meracími termínmi (rádovo týždne, mesiace, roky). Aby voda nezmrzla, do nádoby sa pred meraním pridávajú látky zabraňujúce mrznutiu. Proti výparu sa zachytené zrážky chránia prídavkom 0,5 až 1 l oleja s nízkoteplotou tuhnutia. [4]



Obrázok 2: Hellmannov ombrometer a hmlomerná sieťka podľa Grunowa, Krečmerov ombrometer, ombrograf a zrážkomerný totalizátor

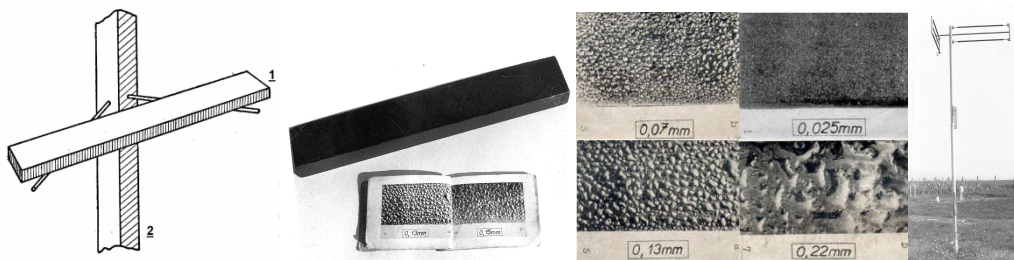
Ombrograf (pluviograf) je registračný prístroj, ktorý zaznamenáva množstvo a časové rozloženie zrážok. Tvoriaho záchytný lievik s záchytným plošným obsahom 25 cm^2 predĺžený do spojovacej rúrky, plaváková komora, registračné zariadenie, záchytná nádoba a silný plechový obal. U nás je najrozšírenejší plavákový ombrograf česko-slovenskej výroby IBA (24h registrácia) a poľský plavákový ombrograf (kombinovaná registrácia 24h / 1 týždeň). Ombrograf je konštruovaný iba na kvapalné zrážky, v zime musí byť vyhrievaný. V automatických staniciach sa používajú digitálne ombrografy pracujúce na člnkovom princípe (napr. Thies – Ombrometer HP, Lambrecht a i.). Americká lesnícka služba (USDA Forest Service) v protipožiarnej meteorologickej monitorovacej sieti používa Fergussonov ombrograf pracujúci na hmotnostnom princípe (Weighing Rain Gage – recorder). V Nemecku sa používa obdobný Hellmannov váhový ombrograf. Ich výhodou je, že môžu registrovať zrážky aj v zimnom období. V lete sa na zabránenie výparu do zbernej nádoby pridáva malé množstvo oleja. [4]



Obrázok 3: Stabilná a prenosná snehomerná lata, meranie vodnej hodnoty snehovej pokrývky (vykrajovanie vzorky nádobou, meranie hladiny po rozpustení), váhový snehomer METRA, odber vzoriek snehu z odkryvu

Výška snehovej pokrývky je doplnkovou charakteristikou merania zrážok. Stabilná snehomerná lata je umiestnená na stanici tak, aby nula stupnice bola na úrovni pôdy (Obrázok 3). Je dlhá 1 – 2 m, opatrená každých 50 alebo 100 mm farebne odlišenou stupnicou (obyčajne červenou a bielou). Prenosná snehomerná lata je asi 1 m dlhá, snehovú pokrývku možno ňou merať na viacerých miestach a potom sa vypočíta priemer. Výška nového snehu sa meria na zvlášťnej doštičke položenej na úroveň starej snehovej pokrývky. Meranie vodnej hodnoty a hustota snehu sa meria objemovou alebo váhovou metódou. Pri objemovej metóde sa používa obrátená zrážkomerná nádoba, ktorou sa zo snehovej pokrývky vykrojí valec až po povrch pôdy a zmeria sa jeho výška v mm. Sneh sa v nádobe nechá roztopiť a potom sa zmeria výška vodnej vrstvy. Hustota snehu sa vypočíta ako pomer hmotnosti a objemu vzorky. Meria sa spravidla raz týždenne. Snehomer Metra tvoria nerovnoramenné váhy, ktoré majú na dlhšom ramene posuvné závažia. Na kratšie rameno sa zavesí odmerný valec s plochou prierezu 50 cm^2 , ktorý sa počtom segmentov nastaví na potrebnú výšku snehu (1 – 2 m) a nakalibruje na nulovú hodnotu. Potom sa valec zatlačí do snehu až k povrchu pôdy (ak sú vo vrstve snehu tvrdé a zľadovatené vrstvy, pootáča sa valcom až jeho ozubenie tieto vrstvy prerazí), na vonkajšej strane valca sa odčíta výška snehu. Sneh vo vnútri valca sa utlačí piestom, valec sa vyberie, spodný otvor uzavrie poistným viečkom a zavesí zavesením na kratšie rameno váh. Z údajov o výške snehovej pokrývky a hmotnosti snehovej vzorky sa vypočíta hustota aj vodná hodnota snehu. V staničnej sieti sa využíva aj ruský váhový snehomer VS-43, konštruovaný pre kontinentálnejšie euroázijské podmienky s nižšími výškami snehu do 60 cm. Rameno váh je kalibrované priamo v jednotkách vodnej hodnoty (mm). Množstvo usadenej rosy sa zisťuje vizuálne, hmotnostne, volumetricky, ako aj na princípe elektrickej vodivosti ovlhnutého aktívneho povrchu. U nás sa najviac používal Duvdevaniov rosomer (drosometer) – drevené hranolčeky o rozmeroch $300 \times 50 \times 25 \text{ mm}$ (Obrázok 4), natreté špeciálnym červenohnedým lakom a rosomerná stupnica, pozostávajúca z fotografií s rôzne veľkými kvapkami rosy prepočítanými na stotiny mm (od 0,02 do 0,40 mm). Drosografy, resp. rosografy sú prístroje fungujúce väčšinou na hmotnostnom princípe (Köslerov, Köslerov-Fuessov, Massonov rosograf). V sieti meteorologických

observatórií SHMÚ sa využíval Rosograf M-35 ruskej výroby. Záchytná plôška (150 cm²) vysunutá z vlastného registračného zariadenia tvorí jednu stranu citlivých váh. Proti účinkom vetra je chránená polovičným Nipherovým kužeľom, registračné pierko je proti nárazom vetra chránené olejovým tlmáčom. **Námrazomer** pozostáva z dvoch drevených (alebo železných) žrdí s priemerom 32 mm a dĺžkou 1 m, ktoré sú umiestnené vodorovne a kolmo na seba (jedna v smere N-S a druhá v smere E-W). Plocha povrchu jednej žrdi meria 0,1 m². Množstvo zachytenej vody vo forme námrazy sa určí po jej zotretí a roztopení (ako priemer hodnôt zistených na oboch žrdiach). Nakoľko častejší výskyt námrazy je viazaný spravidla na horské a vysokohorské hrebeňové polohy (často nad hornou hranicou lesa) námraza je pravidelne sledovaná na niektorých horských meteorologických observatóriách v denných klimatologických termínoch (7, 14, 21 h). *Registračné námrazomery* pracujúce na hmotnostnom princípe sa nazývajú geligrafy. [4]



Obrázok4: Duvdevaniho rosomera rosomerná stupnica, sklopný námrazometer

ODBER VZORIEK PRE KVALITATÍVNE STANOVENIA

Väčšina v súčasnosti prevádzkovaných sietí zrážkomerných staníc je vhodná aj pre odoberanie / meranie hlavných zložiek zrážok – hlavných iónov, živín, pH, ZNK (zásadovej neutralizačnej kapacity), elektrickej vodivosti a i. Medzi najdôležitejšie zásady vzorkovania atmosférických vôd patria:

- Výber **vzorkovníc** je potrebné vždy konzultovať s laboratóriom zodpovedným za rozbor, uchovávanie a konzerváciu vzoriek. Pre anorganické zložky sa odporúčajú vzorkovnice z vysokoakostného polyetylénu. Sklenené vzorkovnice, vzorkovnice z PTFE alebo vysokoakostného polypropylénu sa využívajú len v špeciálnych prípadoch. Pre organické zložky sa používajú vzorkovnice z borosilikátového alebo kremenného skla, so zátkami, ktorých steny sú potiahnuté PTFE. Vzorkovnice, podobne ako lieviky musia byť pred a po odbere vzorky vyčistené štandardnými postupmi. Vždy sa realizuje tzv. slepé stanovenie vzorkovníc, keď sa vzorkovacím lievikom naleje do fľaše veľmi čistá destilovaná voda. Tá sa potom analyzuje rovnakým spôsobom, ako samotné vzorky zrážok. Niektoré zložky vzoriek, napríklad stopové kovy a organické zlúčeniny majú tendenciu sa adsorbovať na stenách vzorkovnice. Ak sa jedná o stopové kovy, odporúča sa vzorku okysliť prídavkom kyseliny dusičnej (udržiavaich v roztoku). Vzorkovnice určené na rozbor stopových anorganických látok majú byť opatrené zataviteľnou polyetylénovou fóliou.
- Pred tým, ako sa vyberie vhodný **vzorkovač zrážok**, je nutné poznať najmenší objem vzorky potrebný na realizáciu chemických rozborov (dodá laboratórium zodpovedné za analýzy). Potom sa na podklade najnižšej výšky zrážok, ktorá sa považuje za udalosť v zmysle zadaného cieľa vypočíta potrebná plocha kolektora. Napríklad, ak je odberová sieť založená na vzorkovaní udalosti a minimálna uvažovaná udalosť predstavuje 1 mm dažďa, záchytný plošný obsah má byť veľký tak, aby poskytol 60 – 80 mm vzorky. To je všeobecne najmenší požadovaný objem vzorky na analýzu. Ak sa používajú modernejšie analytické metódy, stačí aj menšie množstvo vzorky. Na odber vzoriek pre stanovenie *anorganických zložiek* sa odporúča kolektor zo skla alebo plastu. Pretože stopové kovy sa môžu adsorbovať na steny kolektorov z plastov, v tomto prípade sa odporúča odoberať vzorky osobitne do kolektora, ktorý obsahuje odmerané množstvo kyseliny dusičnej. Ak je treba rozlíšiť rozpustenú a nerozpustenú zložku dažďa, vzorka sa ešte pred okyslením prefiltruje cez membránový filter s veľkosťou pórov < 0,5 μm. Na odber vzoriek pre stanovenie *organických zložiek* sa odporúča kolektor skonštruovaný z materiálov inertných k organickým látkam (korózii odolná oceľ, sklo, PTFE). Iné plasty ako PTFE sú nevhodné. Pri korózii odolnej oceli je treba dbať na to, aby zváraním a spájaním nevznikli povrchy absorbujúce vzorku. Aj niektoré tavidlá môžu znečistiť vzorku. Do výberu vhodných vzorkovačov má byť istým spôsobom zakalkulovaná aj istá forma dohľadu a kontroly, aby sa zabránilo kontaminácii vtáčim trusom.
- **Vlastný odber vzoriek** – dažďovým kolektorom môže byť v podstate ľubovoľné zariadenie od jednoduchého (lievika so známym plošným obsahom a nádoby) až k automatizovanému zariadeniu pri predpoklade, že spĺňa nároky na konštrukčný materiál a lokalizáciu odberu. *Vzorkovanie udalosti (dažďa)* –

ak je na mieste odberu obsluha alebo je možné vzorky odoberať denne, odporúča sa ako minimálna požiadavka nasadiť čistou zrážkovú nádobu na začiatku udalosti a odoberať ju ihneď po jej skončení. Ak sa vzorkuje bez obsluhy, odporúča sa používať automatické vzorkovače vybavené senzormi vlhkosti a riadiacimi obvodmi, ktoré ovládajú motorový posun veka. Tieto senzory majú byť vybavené ohrevom na odparenie vlhkosti z ich mriežky na konci zrážkového javu. Pri poloautomatickom vzorkovacom zariadení je možné vzorkovanie jednotlivých zrážok nahradiť každodenným odberom, t.j. vyprázdňovaním alebo výmenou nádoby každých 24 hodín. Automatické zariadenia je možné využiť aj na odoberanie *zmiešaných vzoriek*. Ich veko sa otvára a zatvára pri každej udalosti počas vzorkovacieho obdobia. Vzorka sa hromadí v zrážkovej nádobe a po skončení vzorkovacieho obdobia sa kolektor vyprázdni, alebo sa vzorkovnica odpojí a vzorka odošle na chemický rozbor. Ak nie sú k dispozícii automatické vzorkovače, vzorkovanie tohto typu možno nahradiť odberom vzorky jednotlivých udalostí a hromadením vzorky vo veľkej vzorkovnici (vzorka sa do nej prelieva po každej udalosti). Lievik a zrážková nádoba sa čistí po každej udalosti. Po skončení obdobia sa vzorkovnica odošle do laboratória. Zariadenie na *smerové vzorkovanie* sa umiestňuje blízko nad zemou a obvykle je doplnené veterným smerovníkom. Výtokový otvor na dne lievika riadi odtok do jednej z rady vzorkovnic podľa smeru vetra. Je však nutné poznať podrobné meteorologické údaje, pretože smer vetra blízko zemi môže byť iný ako smer prichádzajúceho dažďa. Obtiažny je správny *odber snehu*, ktorý na rozdiel od dažďa padá pomalšie a tým sa viac prejavujú meteorologické vplyvy, napr. aerodynamická blokáda vzorkovača (v dôsledku vetra sa padajúce zrážky presúvajú mimo záchytnú plochu kolektora alebo vzdušné prúdy vo vnútri vzorkovača vymetú jeho obsah). Preto sa odporúča použiť akýkoľvek dostatočne hlboký valec, v ktorom sa sneh hromadí. Snehové kolektory zachytávajúce len kvapalinu sa podobajú dažďovým, len sú vyhrievané (zachytený sneh sa roztopí a uchováva sa v kvapalnom skupenstve v oddelenej časti podvzorkovačom). V blízkosti snehového kolektora musí byť umiestnený snehomer merajúci objem snehu.

- **Terénne stanovenia** sa vždy prevádzajú v oddelenej vzorke, ktorá sa po meraní vyleje. Nikdy sa nepracuje so vzorkou, ktorá sa zasiela do laboratória. Odporúča sa nemešať elektrickú vodivosť vo vzorke, v ktorej sa už meralo pH (chlorid draselný difundujúci z elektródy ovplyvňuje vodivosť vzorky).
- Pretože v dobe medzi odberom vzorky zrážok v teréne a zahájením rozboru v laboratóriu môžu prebiehať fyzikálne zmeny, chemické alebo biochemické reakcie, vzorky musia byť pred odoslaním do laboratória **konzervované**. To sa dosahuje rôznymi spôsobmi, napríklad uložením vzoriek do tmy, použitím tmavých vzorkovnic, prídavkom chemických činidiel, znížením teploty na potlačenie reaktivity, zmrazením vzorky, použitím terénnej extrakcie, stĺpcovej chromatografie, či kombinácie týchto metód. V každom prípade je však nutné kontaktovať chemické laboratórium aby určilo, či vzorkovnica a spôsob konzervácie pre stanovenie príslušných ukazovateľov sú v súlade s analytickými metódami, ktoré sa používajú v laboratóriu.
- **Protokol o odbere vzoriek** – slúži odberovým pracovníkom ako výkaz práce a laboratóriu ako podklad pre neskoršie vyhodnotenie nameraných dát. V protokole majú byť informácie o odbere, druhu vzorkovania, pozorovania na mieste, spôsobe konzervácie spolu s individuálnymi poznámkami odberových pracovníkov.[3]

TRANSPORT A ÚPRAVA VZORIEK

Prevoz vzoriek je jednou z hlavných príčin kontaminácie a preto ak je to možné, mal by byť vylúčený. Odobrané vzorky sa majú na rozbor odoslať čo najskôr. Prevoz vzorkovnic a vzorkovacích zariadení sa má realizovať v bezprašnom prostredí, v ich blízkosti sa nemá fajčiť a ani nesmú byť prítomné iné zdroje znečistenia (napr. výpary benzínu, rozpúšťadiel). Správne skladovanie vzoriek musí byť zaručené na mieste odberu, počas dopravy aj v laboratóriu pred začatím rozboru. Behom prepravy majú byť uložené v preprávkach nepriepustných pre pary a plyny a skladované v izolovaných kontajneroch. V laboratóriách majú byť uchované v zvláštnych skladovacích priestoroch na tmavom a chladnom mieste, ak nie je požadovaný iný spôsob. [3]

BEZPEČNOSŤA OCHRANA ZDRAVIA PRI VZORKOVANÍ

So vzorkovaním atmosférických vôd sú spojené riziká, ktoré je možné zmierniť / vylúčiť týmito opatreniami:

- Pre zabezpečenie dodržiavania zásad BOZP je potrebné podstúpiť riadne zaškolenie. Základným ochranným opatrením pri manipulácii so zariadením sú osobné ochranné pracovné prostriedky. Pri závažnejšom zranení treba vyhľadať odbornú lekársku pomoc.

- Pri nevhodných meteorologických podmienkach hrozí prechladnutie. Jedná sa o pravdepodobnú udalosť, ktorej následky môžu byť významné. Navrhované opatrenia sú: personál zabezpečujúci terénne práce musí byť dobre oboznámený s meteorologickými a dopravnými podmienkami, OOPP proti chladu a dažďu.
- Pri nevhodných meteorologických (najmä snehových) podmienkach hrozí pošmyknutie. Jedná sa o zriedkavú udalosť, ktorej následky však môžu byť katastrofické. Navrhované opatrenia sú: personál zabezpečujúci terénne práce musí byť dobre oboznámený s meteorologickými a dopravnými podmienkami, OOPP dolných končatín, bezpečnostné lano alebo tyč.
- Ak voda obsahuje chemické látky, baktérie a vírusy, hrozí intoxikácia chemickými látkami, infekcia a ochorenie prenosným ochorením. Jedná sa o pravdepodobnú udalosť, ktorej následky môžu byť kritické. Navrhované opatrenia sú: pravidelné školenia, OOPP – rukavice, rúška, okuliare.
- Pri používaní elektrických zariadení môže prísť k úrazu elektrickým prúdom. Jedná sa o príležitostnú udalosť, ktorej následky však môžu byť kritické. Navrhované opatrenia sú: dodržiavanie bezpečnostných pokynov pre prácu s elektrickým zariadením, vhodné OOPP na ochranu pred elektrickým prúdom.
- Pri používaní chemikálií je dôležité dodržiavanie zásad BOZP a používanie osobných ochranných pracovných prostriedkov. Pri kontakte tela s chemikáliou je potrebné dodržiavať zásady prvej pomoci a pri závažnejšom zranení je nevyhnutné vyhľadať odbornú lekársku pomoc.
- Ak dôjde ku kontaminácii okolitého prostredia uloženou látkou alebo použitou chemikáliou, treba zasiahnuté prostredie dekontaminovať použitím predpísaného činidla, ktoré dokáže látku úplne rozložiť alebo ju dokáže rozložiť na menej nebezpečné produkty.

Počas prepravy vzoriek je nevyhnutné narábať so vzorkami so zvýšenou opatrnosťou a používať osobné ochranné pracovné prostriedky. Pri preprave vzoriek je potrebné dodržiavať tieto zásady:

- Najvýznamnejším rizikom pri preprave vzoriek je možnosť vzniku nehody. Dôležitou požiadavkou je úplná funkčnosť vozidla použitého na transport a tiež musí byť vybavené povinnou výbavou. Počas prepravy vzoriek je nevyhnutné dodržiavať zásady BOZP.
- Aby nedochádzalo k zmene vlastností vzoriek vplyvom vysokej alebo nízkej okolitej teploty, musia byť všetky vzorky za zvýšenej teploty chladené vetraním. Naopak, pri veľmi nízkej okolitej teplote musia byť vzorky chránené udržiavaním primerane teplého stáleho prostredia.
- Pád alebo poškodenie vzorkovnice môže spôsobiť znehodnotenie vzorky, kontamináciu prostredia alebo ohrozenie zdravia možným poranením. Všetky nádoby je nutné pred transportom očistiť. Ak dôjde ku kontaminácii okolitého prostredia prevážanou látkou, treba zasiahnuté prostredie dekontaminovať použitím predpísaného činidla, ktoré dokáže látku úplne rozložiť alebo ju dokáže rozložiť na menej nebezpečné produkty.
- Pri poškodení vzorkovnice a následnom poranení treba dbať na dodržanie zásad prvej pomoci a pri rezných poraneniach vykonať dezinfekciu poraného miesta proti novej infekcii zo vzorky. Pri závažnejšom zranení treba vyhľadať odbornú lekársku pomoc.

Pri skladovaní vzoriek je potrebné dodržiavať tieto zásady:

- Uskladnenie vzorky musí byť na mieste, ktoré je dobre dosiahnuteľné rukami, nie je príliš vysoko, a ktoré nepredstavuje riziko pádu vzorky a následné rozbitie vzorkovnice.
- Skladovanie vzoriek v sklenených vzorkovniciach predstavuje riziko vyšmyknutia a rozbitia vzorky. Rozbitie môže mať za následok kontamináciu okolia, preto je dôležité aby boli všetky vzorkovnice dôkladne vysušené, čím sa eliminuje možnosť vyšmyknutia. Pri poranení spôsobenom rozbitím vzorkovnice je potrebné dodržiavať zásady prvej pomoci. Pri rozsiahlejšom poranení je nevyhnutné vyhľadať odbornú lekársku pomoc.
- Vzorky musia byť uskladnené na suchom, tmavom a primerane teplom mieste, čím sa zabráni znehodnoteniu vzorky, chemickým reakciám a nástupu biologických procesov. Ak dôjde ku kontaminácii okolitého prostredia uloženou látkou, treba zasiahnuté prostredie dekontaminovať použitím predpísaného činidla, ktoré dokáže látku úplne rozložiť alebo ju dokáže rozložiť na menej nebezpečné produkty.

ZÁVER

Využitie zrážok pre monitorovanie zaťaženia životného prostredia je menej využívanou možnosťou hodnotenia kvality prostredia. Spolu s monitorovaním obsahu a charakteru atmosférických aerosólov je však dôležité najmä v priemyselných oblastiach a pri sledovaní atmosférického transportu prírodnej alebo antropogénnej

kontaminácie na väčšie vzdialenosti. V príspevku sú uvedené najdôležitejšie zásady vzorkovania, sú tu načrtnuté ohrozenia vzorkujúceho personálu a opatrenia na ich elimináciu.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] BEDNÁŘ, J. 2003: Meteorologie. Úvod do studia dějů v zemské atmosféře. 1. vyd. Praha: Portál. 223 s. ISBN 8071786535.
- [2] MOLDAN, B. 1977: Geochemie atmosféry. Academia, 160 s.
- [3] STN ISO 5667-8 Kvalita vody. Odber vzoriek. Časť 8: Pokyny na odber vzoriek zrážok
- [4] Zrážky. [cit. 2015-12-07]. Dostupné na internete: https://www.tuzvo.sk/files/3_3/katedry_1f/kpp/Fyzicka_geografia-atmosfera/Zrazky.doc.

ADRESY AUTOROV:

Maroš SIROTIAK, RNDr., PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav integrovanej bezpečnosti, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika
e-mail: >maros.sirotiak@stuba.sk<

Lenka BLINOVÁ, Ing., PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav integrovanej bezpečnosti, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika
e-mail: >lenka.blinova@stuba.sk<

Alica BARTOŠOVÁ, Ing., PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav integrovanej bezpečnosti, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika
e-mail: >alica.bartosova@stuba.sk<

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.