

METODIKA MONITORINGU A OPATRENÍ NA ZLEPŠENIE VLHKOSTNÉHO REŽIMU POĽNOHOSPODÁRSKY VYUŽÍVANÝCH PÔD A SPÔSOBU ICH VYUŽÍVANIA V OČAKÁVANÝCH PODMIENKACH KLIMATICKEJ ZMENY

Ing. Andrej Tárník, PhD.
prof. Ing. Dušan Igaz, PhD.

Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva, SPU v Nitre
Agrobiotech, SPU v Nitre

Projekt: Udržateľné systémy inteligentného farmárstva zohľadňujúce výzvy
budúcnosti, Kód projektu ITMS2014+: 313011W112

Recenzenti:

prof. RNDr. František Petrovič, PhD. FPVaI, UKF Nitra
Ing. Lucia Toková, PhD. UH SAV v.v.i., Bratislava

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná
infraštruktúra pre projekt: Udržateľné systémy inteligentného farmárstva
zohľadňujúce výzvy budúcnosti 313011W112, spolufinancovaný zo zdrojov
Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Schválila rektorka Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre dňa 30. 6. 2023
ako online metodickú príručku.



This work is published under the license of the Creative Commons Attribution
NonCommercial 4.0 International Public License (CC BY-NC 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



ISBN 978-80-552-2632-3

OBSAH

ÚVOD	3
VLHKOSTNÝ REŽIM POĽNOHOSPODÁRSKÝCH PÔD	4
VPLYV KLIMATICKEJ ZMENY NA PÔDNU VLHKOSŤ A JEJ VLHKOSTNÝ REŽIM	7
MONITORING VLHKOSTI POĽNOHOSPODÁRSKÝCH PÔD	8
MOŽNOSTI MONITORINGU	10
OPATRENIA NA ZLEPŠENIE VLHKOSTNÉHO REŽIMU PÔD	16
ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	19

ÚVOD

Klimatická zmena je komplexný proces, ktorý má vplyv na každú oblasť života na našej planéte. Príčinou tejto významnej transformácie je predovšetkým nadmerná koncentrácia skleníkových plynov v atmosfére, ktoré sa generujú z ľudskej činnosti, najmä zo spaľovania fosílnych palív. Tento globálny jav výrazne ovplyvňuje rôzne aspekty životného prostredia a spoločnosti, a poľnohospodárstvo, vodné zdroje a biodiverzita nie sú výnimkou. Celosvetovo stúpajúce teploty sú jedným z najviditeľnejších prejavov klimatickej zmeny. Trend otepľovania má za následok transformáciu výskytu jednotlivých foriem vody na Zemi, v dôsledku toho dochádza k roztápaniu ľadovcov, čo vedie k zvyšovaniu hladiny v moriach a oceánoch. Súbežne dochádza k zvyšovaniu teploty vody v oceánoch a následne k zvyšovaniu koncentrácie vodnej pary v atmosfére, čo skleníkový efekt umocňuje. Otepľovanie ovplyvňuje poľnohospodárstvo a celosvetovú potravinovú bezpečnosť. Zmena klímy má vážne následky na ekosystémy, rastlinnú a živočíšnu produkciu a v neposlednom rade aj na ľudí, ktorí závisia od plodín na svoju obživu. Neprimerané vysoké teploty a extrémne poveternostné podmienky, ako sú dlhotrvajúce suchá a privalové dažde spôsobujú hospodárske škody na poľnohospodárskej produkcii a výnosoch.

V dôsledku klimatickej zmeny sa zvyšuje frekvencia extrémnych poveternostných javov, ako sú privalové dažde, suchá či naopak povodne. Tieto udalosti majú negatívny vplyv na poľnohospodársku pôdu a jej vlhkosťný režim. Povodne spôsobujú ďalekosiahle škody na infraštruktúre, poľnohospodárskej produkcii a aj samotnej pôde. Poľnohospodárska prax je nútená sa prispôbovať týmto extrémnym podmienkam a hľadať nové spôsoby, ako chrániť svoju produkciu pred nepriaznivými vplyvmi. Napriek týmto problémom existujú aj iniciatívy a technologické riešenia, ktoré sú zamerané na boj proti klimatickej zmene a jej negatívnym dôsledkom formou mitigačných alebo zmierňujúcich opatrení. Testujú sa nové metódy a systémy poľnohospodárskej výroby, ktoré sú šetrnejšie k životnému prostrediu a menej závislé od fosílnych palív. Zavádzajú sa ekologickejšie praktiky, ako je zníženie používania chemických hnojív a pesticídov, ktoré prispievajú k emisiám skleníkových plynov.

Zároveň je dôležité, aby sme sa všetci ako globálna spoločnosť viac angažovali v ochrane životného prostredia. Sú potrebné politické rozhodnutia a medzinárodná spolupráca na riešení klimatických zmien a dosiahnutie udržateľnej budúcnosti pre nás, naše potomstvo a pre všetky formy života na našej planéte.

VLHKOSTNÝ REŽIM POĽNOHOSPODÁRSKÝCH PÔD

Vlhkostný režim pôdy možno definovať ako časové ale aj priestorové rozloženie množstva vody v pôde. Pre jeho hodnotenie je potrebné sledovať priebeh vlhkosti v čase a rozdelenie vlhkosti po výške zóny aerácie (Štekauerová – Nagy, 2006). Vlhkostný režim pôdy je vlastne spojitým časovým sledom (postupnosťou), či chodom okamžitých stavov priestorového usporiadania vody v pôde (Velebný et al. 2000). Veľa procesov, ktoré sa odohrávajú v pôde sú ovplyvňované množstvom vody v pôde, vrátane výmeny plynov s atmosférou, šírenia živín ku koreňom rastlín, teploty pôdy a rýchlosti, ktorou sa rozpustené chemické látky pohybujú cez koreňovú zónu (Jury – Horton, 2004).

Množstvo vody v pôde je možné udávať dvomi základnými spôsobmi:

- Hmotnostná vlhkosť pôdy – vlhkosť pôdy stanovená gravimetrickou metódou, pomer hmotnosti vody ku hmotnosti suchej pôdy vysušenej v sušični pri 105 °C, udáva sa v hmotnostných percentách [% hm.] (Igaz, 2010; Jury – Horton, 2004).

$$w = (m_w / m_s) \cdot 100 \quad [\% \text{ hm.}]$$

kde: w – hmotnostná vlhkosť pôdy
 m_w – hmotnosť kvapalnej fázy pôdy
 m_s – hmotnosť tuhej fázy pôdy

- Objemová vlhkosť pôdy – vlhkosť pôdy stanovená objemovou metódou, udáva obsah vody ako objem vody v objeme neporušenej pôdy, t. j. pomer objemu vody k celkovému objemu neporušenej pôdnej vzorky, vyjadruje sa v objemových percentách [% obj.] (Igaz, 2010; Jury – Horton, 2004).

$$\Theta = (V_w / V_t) \cdot 100 \quad [\% \text{ obj.}]$$

kde: Θ – objemová vlhkosť pôdy
 V_w – objem vody v pôde
 V_t – celkový objem pôdy

Väčšina moderných elektronických prístrojov na meranie vlhkosti pôdy podáva informáciu o objemovej vlhkosti pôdy. Voda v pôde sa nachádza v póroch, preto

maximálne množstvo vody, ktoré sa môže v pôde nachádzať sa rovná pórovitosti. Pórovitosť pôdy vyjadruje sumárny objem všetkých pórov a medzier nachádzajúcich sa medzi pevnými časticami vyjadrený v percentách k celkovému objemu pôdy v neporušenom stave (Zaujec et al., 2002). Pórovitosť je dôležitou vlastnosťou pôdy a ukazuje na zastúpenie jednotlivých fáz v pôde, čo významne ovplyvňuje príjem a pohyb vody a vzduchu v pôde.

$$P = \frac{V_p}{V_t} \quad [m^3.m^{-3}]$$

kde: P – pórovitosť
 V_p – objem pórov
 V_t – celkový objem pôdy

Z pohľadu poľnohospodárskej praxe je podstatné sledovať najmä časové a priestorové rozloženie tzv. prístupnej pôdnej vody Θ_p . Pôdna voda je základným zdrojom vody pre rastliny, avšak nie celé množstvo vody prítomné v pôde je aj prístupné pre rastliny. Hranice prístupnosti pôdnej vody pre rastliny, to znamená interval v rámci, ktorého sú schopné poľnohospodárske rastliny vodu čerpať svojim koreňovým systémom určujú tzv. hydrolimity: poľná vodná kapacita Θ_{PK} a bod vädnutia Θ_v . (Antal – Igaz, 2012; Šútor – Štekauerová, 2001). Hodnoty daných hydrolimitov pre jednotlivé pôdne druhy sú uvedené v tabuľke 1.

$$\Theta_p = \Theta_{PK} - \Theta_v \quad [\% \text{ obj.}]$$

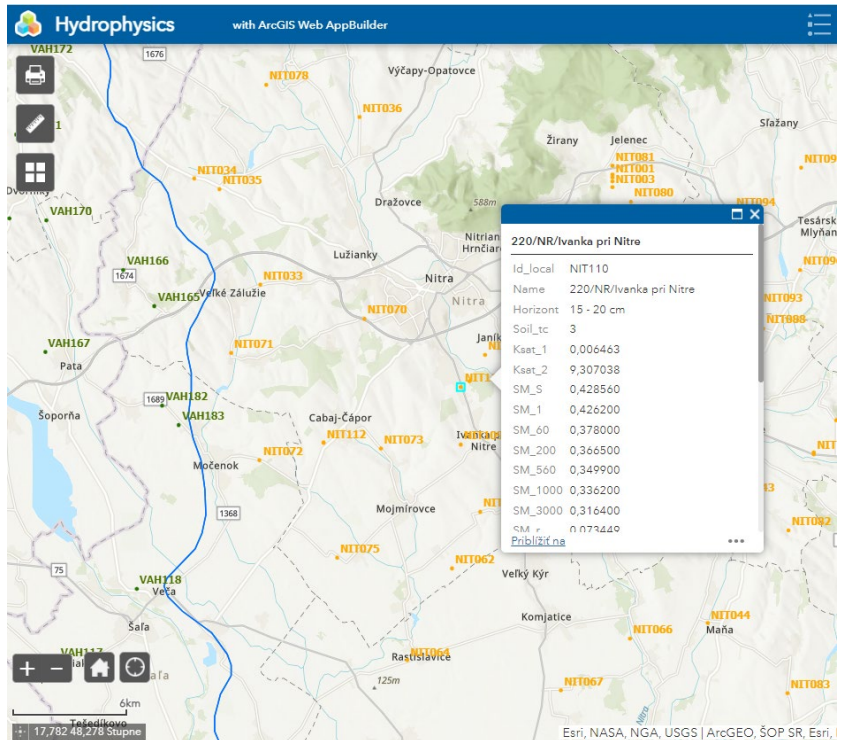
Tab 1: Vybrané charakteristiky pôdných druhov

Druh pôdy	P (% obj.)	Θ_{PK} (% obj.)	Θ_v (% obj.)	Θ_p (% obj.)
Piesočnatá	38	15	7	8
Hlinitopiesočnatá	43	21	9	12
Piesočnatohlinitá	47	31	14	17
Hlinitá	49	36	17	19
Ílovitohlinitá	51	40	19	21
Ílovitá	53	44	21	23

kde: Θ_{PK} – poľná vodná kapacita; Θ_v – bod vädnutia; Θ_p – prístupná vodná kapacita

Pre potreby podrobnejšej polohovej špecifikácie jednotlivých pôdnych druhov na konkrétnej lokalite je pre poľnohospodársku prax k dispozícii Mapa pôdnych druhov, ktorú je možné nájsť napríklad na stránke Výskumného ústavu pôdoznavectva a ochrany pôdy Národného poľnohospodárskeho a potravinárskeho centra <http://www.podnemapy.sk/>.

Ďalšie podrobnejšie pôdne vlastnosti pre poľnohospodársku, ale aj pre inú odbornú prax je možné nájsť napríklad aj na web serveri HYDROPHYSICS (obr. 1), ktorý prevádzkuje Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre. Priamy odkaz na web server: <http://fzki.uniag.sk/hydrophysics/>



Obr. 1: Ukážka odberného miesta s hydrofyzikálnymi charakteristikami konkrétnej lokality z povodia rieky Nitra spracované v ArcGIS, <http://fzki.uniag.sk/hydrophysics/>

VPLYV KLIMATICKEJ ZMENY NA PÔDNU VLHKOSŤ A JEJ VLHKOSTNÝ REŽIM

Predpokladané zmeny v teplote vzduchu a zrážkach na území Slovenska, ktoré sú dôsledkom zmeny klímy, ovplyvňujú hydrologický cyklus a následnú distribúciu a redistribúciu vody v pôde. Jedným z najzreteľnejších dôsledkov klimatickej zmeny je zvýšená frekvencia extrémnych poveternostných udalostí, ako sú intenzívne privalové dažde alebo dlhotrvajúce suchá. Tieto extrémny majú priamy vplyv na množstvo vody, ktoré sa dostáva do pôdneho profilu alebo je transformované vo forme odtoku.

- Zmena zrážok: V dôsledku klimatickej zmeny dochádza k zmene v celkovom zrážkovom úhrne ale aj v časovom rozložení zrážok. V priemere došlo k poklesu atmosférických zrážok o 5,6 %, na južnom Slovensku bol tento pokles až 10 % (Bárek, 2021). Teplejší vzduch je schopný obsahovať viac vodnej pary. Preto zrážky nemusia byť také časté a objavujú sa dlhé bezzrážkové obdobia. Po splnení kondenzačných podmienok potom dochádza k výdatným a privalovým zrážkam. Bude dochádzať k nárastu úhrnnej zrážok počas epizodických cyklónálnych situácií, ako aj počas intenzívnych búrkových lejakov v lete najmenej o 25 až 30 % (Rehák, et al. 2015).
- Zvyšovanie teplôt: Na Slovensku sa globálne otepľovanie prejavilo nárastom priemernej ročnej teploty vzduchu za posledných 100 rokov o 1,1 °C (Bárek, 2021). Zvýšenie teplôt v dôsledku klimatickej zmeny vedie k väčšiemu vyparovaniu vody z pôdy a rastlín. Predpokladá sa, že do roku 2075 sa teplota zvýši celkovo o 2 až 4 °C.
- Zmena vlhkosti vzduchu: Medzi prejavy klimatickej zmeny patrí aj mierny pokles relatívnej vlhkosti vzduchu v letných mesiacoch. Bude to znamenať rýchlejšie vyčerpávanie zásob vody v pôde to znamená pokles pôdnej vlhkosti, pretože nepredpokladáme rast úhrnov zrážok vo vegetačnom období roka, suché obdobia budú preto dlhšie a častejšie ako doteraz (Rehák, et al. 2015).
- Zmena snehovej pokrývky: Klimatická zmena ovplyvňuje aj snehovú pokrývku. Sneh je dôležitým zdrojom vody, najmä v jarných mesiacoch. Zmeny v snehových zrážkach a ich topení môžu mať vplyv na množstvo dostupnej vlhkosti v pôde.

- Zvýšené riziko extrémnych podmienok: Klimatická zmena prináša väčšie riziko extrémnych podmienok, ako sú dlhodobé suchá alebo intenzívne záplavy. Tieto extrémne podmienky môžu mať výrazný vplyv na vlhkosť pôdy a jej schopnosť udržiavať vodu.

Ako predpokladá väčšina scenárov všeobecnej klimatickej cirkulácie atmosféry, klimatická zmena ovplyvní celý hydrologický cyklus, ktorý zahŕňa zrážky, výpar, odtok a zadržiavanie vody v pôde. Môžeme predpokladať rast mimoriadne vysokých úhrnov zrážok a rast počtu dní so suchom do roku 2100 až o 50 % v porovnaní s podobnými mimoriadnymi epizódami v minulosti. Problémy so suchom budú významnejšie na juhu Slovenska a problémy s intenzívnymi zrážkami vyvolávajúcimi prívalové povodne predovšetkým v hornatej časti Slovenska (Rehák, et al. 2015). Tieto zmeny budú mať za následok zmeny v množstve a časovom rozdelení dostupnej vlhkosti v pôde. V dôsledku týchto zmien budú potrebné aj závažné zmeny v oblasti závlahového hospodárstva. V dôsledku zvýšenej teploty vzduchu sa bude zvyšovať výpar nielen vo forme evapotranspirácie, ale aj výpar z vodných plôch. Nedostatok závlahovej a technologickej vody v poľnohospodárstve bude limitujúcim faktorom ďalšieho rozvoja a udržania tohto odvetvia. Tento fakt bude vytvárať tlak na zadržiavanie vody v retenčných nádržiach z extrémnych zrážkových situácií, ako z dôvodu využitia vody na následnú závlahu, tak aj z dôvodu ochrany pred povodňami.

MONITORING VLHKOSTI POĽNOHOSPODÁRSKÝCH PÔD

Vlhkostný režim pôd môžeme zhodnotiť len na základe systematického a dlhodobého zaznamenávania vybraných charakteristík – monitoringu. Monitoring vlhkosti pôdy je náročný na čas, prístroje i pracovníkov, no napriek tomu má svoje nezastupiteľné miesto (Štekauerová – Nagy, 2006; Chen – Willgoose – Saco, 2012). Informácie získané monitoringom obsahu vody v pôde majú podľa Nagy a Štekauerovej (2006) nezastupiteľnú informačnú hodnotu pre ekológov a poľnohospodárov pre hodnotenie zásob vody v pôde pre zásobovanie rastlinného krytu vodou, geografov za účelom hodnotenia retenčných vlastností jednotlivých horizontov pôd, hydroológov pre kvantifikáciu smeru pohybu vody v zóne aerácie pôdy ako časti hydrologického cyklu, odborníkov pre ochranu podzemných vôd proti znečisteniu prienikom látok rôzneho druhu a pôvodu z pôdneho profilu, odborníkov z oblasti závlahového hospodárstva pre zefektívňovanie závlah poľnohospodárskych plodín, krajinným

inžinierom pre kvantifikáciu akéhokoľvek navrhovaného zásahu do prírodného prostredia a na posúdenie dopadu globálnej klimatickej zmeny.

Zisťovanie obsahu vody v pôde je pomerne náročné na meraciu techniku a ešte náročnejšie na správne zvolené lokality monitoringu a ich reprezentatívnosť pre okolité prostredie.

Vo svete existuje niekoľko prístupov k monitoringu obsahu vody v pôde:

- Pozorovanie – je založené na sieti spolupracovníkov, ktorí vo svojej lokalite vyhodnocujú a prostredníctvom dotazníka odpovedajú na otázky ohľadom odhadu množstvo vody vo vrchnom horizonte pôdy ako aj vplyvu obsahu vody v pôde na jednotlivé druhy plodín a ich výnosov.
- Priame meranie – je založené na sieti meracích staníc, ktoré v určitých bodoch merajú priamo vlhkosť pôdy. Získavame teda merané informácie priamo o obsahu vody v pôde, ktoré je možné ďalej spracovávať a interpretovať.
- Matematické modelovanie - má vo svete už viac ako 60 ročnú históriu. V tej dobe už existovala pomerne prepracovaná teória o prúdení a pohybe vody v pôdnom prostredí (Richardsova rovnica). Základným cieľom matematického modelovania je získať informáciu o časovej a priestorovej závislosti veličín modelovaného procesu. Matematický model teda predstavuje algoritmus riešenia sústavy rovníc, pomocou ktorých je popísaná štruktúra a chovanie modelovaného systému. Pri aplikovaní metódy matematického modelovania je kľúčová otázka získania vstupných údajov do modelu. Pri modelovaní obsahu vody v pôde ide najmä o pedologické, meteorologické a topografické údaje ako aj informácie o spôsobe hospodárenia na pôde. Pri využívaní akéhokoľvek matematického modelu treba pamätať, že modelom nie je možné zachytiť a matematicky popísať modelovaný jav alebo proces v celej jeho komplexnosti a v kontinuite ale pristupujeme k jeho zjednodušeniu, určitej schematizácii. K najrozšírenejším a v súčasnosti najpoužívanejším modelom pre údaje o obsahu vody v pôde patria modely HYDRUS, MOVOREP, DSSAT, DAISY, SWACROP, SWAP, WOFOST, MIKE SHE a ďalšie.
- Využitie prostriedkov diaľkového prieskumu Zeme (DPZ). DPZ je založený na zachytávaní odrazu žiarenia od pozorovaného objektu. Interpretáciu

takýchto snímok možno získať informácie, ktoré sú konvenčnými terénnymi meraniami a mapovaním takmer nedosiahnuteľné (obzvlášť z hľadiska možnosti sledovania rozsiahlych území v rovnakom čase, ako aj prostredníctvom jednej fyzikálnej veličiny – elektromagnetickej radiácie a opakovane vo vhodne zvolených termínoch) (Feranec – Ořahel, 2003).

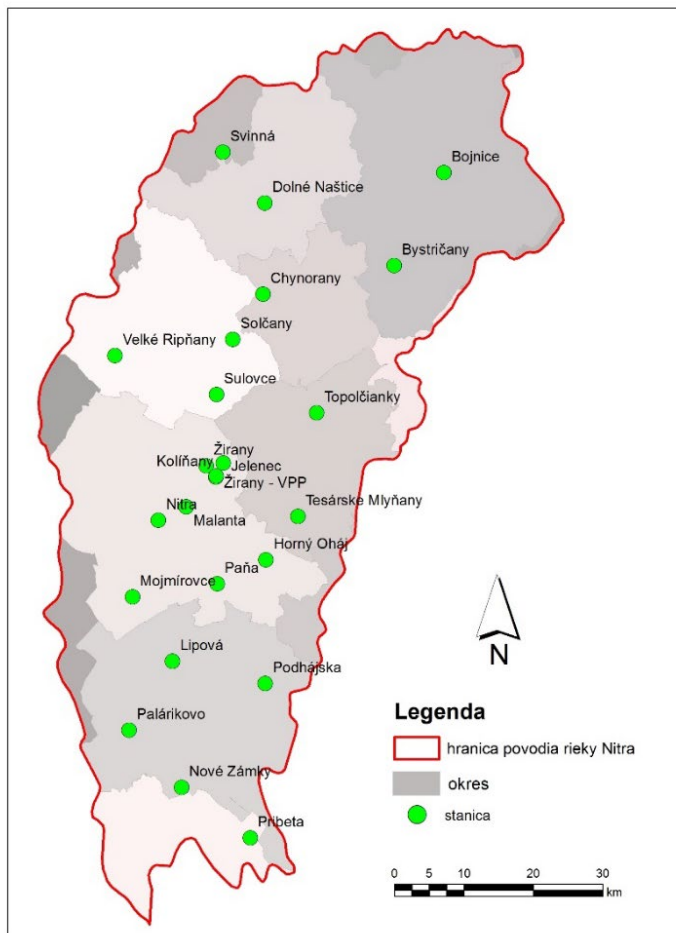
- Kombinácia prístupov – je v súčasnosti najrozšírenejšia metóda, ktorá kombinuje v sebe výhody spomenutých metód.

MOŽNOSTI MONITORINGU

Na Slovensku je najznámejší a najrozšírenejší systém monitorovania obsahu vody v pôde systém INTERSUCHO. Bol vyvinutý v spolupráci Ústavu výskumu globálnej zmeny AV ČR a Mendelovej univerzity v Brne. Systém INTERSUCHO je založený na matematickom modeli SoilClim, ktorý využíva vstupné údaje z pozemných meraní SHMÚ (www.intersucho.cz; 2023).

Na Slovensku sa systematicky venuje hodnoteniu vlhkostného režimu poľnohospodárskych pôd najmä Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre a Ústav hydrológie SAV.

Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva SPU v Nitre má v povodí rieky Nitry vybudovanú sieť výskumných monitorovacích staníc, ktorú využíva aj na monitoring obsahu vody v pôde (obr. 2).



Obr. 2: Sieť výskumných monitorovacích staníc FZKI SPU v Nitre v povodí rieky Nitra

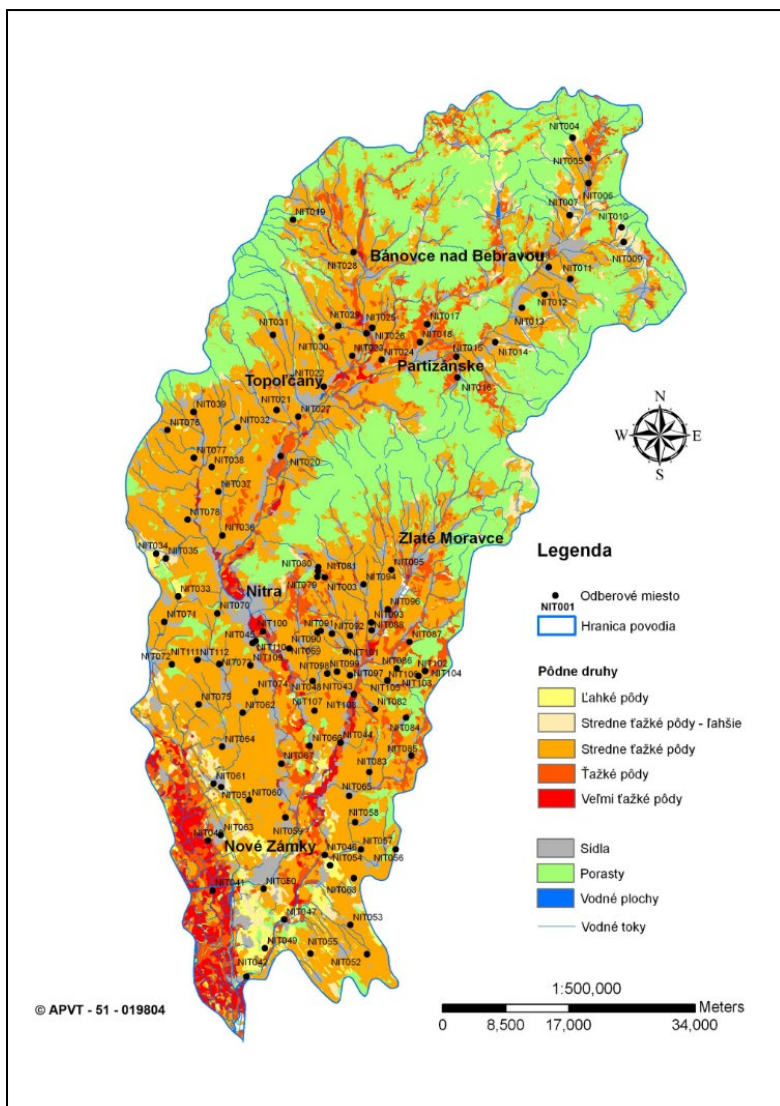
Stanice (obr. 3) kontinuálne získavajú údaje o teplote a vlhkosti vzduchu, rýchlosti a smere vetra, globálnom žiarení, zrážkach, teplote pôdy, hladine podzemnej vody ako aj priamo o vlhkosti pôdy. Vlhkosť pôdy je monitorovaná po 0,1 m až do hĺbky 1 m a následne v 0,5 m intervale až do hĺbky 2,5 m. Pre meranie je použitý systém online

zberu dát senzorm 10HS od firmy Decagon Devices. Tieto senzory uplatňujú metódu na princípe kapacitnej metódy (Frequency Domain Reflectometry). Presnosť merania tohto zariadenia je pri použití štandardnej kalibračnej rovnice $\pm 0,03 \text{ m}^3/\text{m}^3$ v minerálnych pôdach alebo až $\pm 0,02 \text{ m}^3/\text{m}^3$ pri kalibrácii na špecifickú pôdu



Obr. 3: Výskumná monitorovacia stanica FZKI SPU v Nitre v povodí rieky Nitry

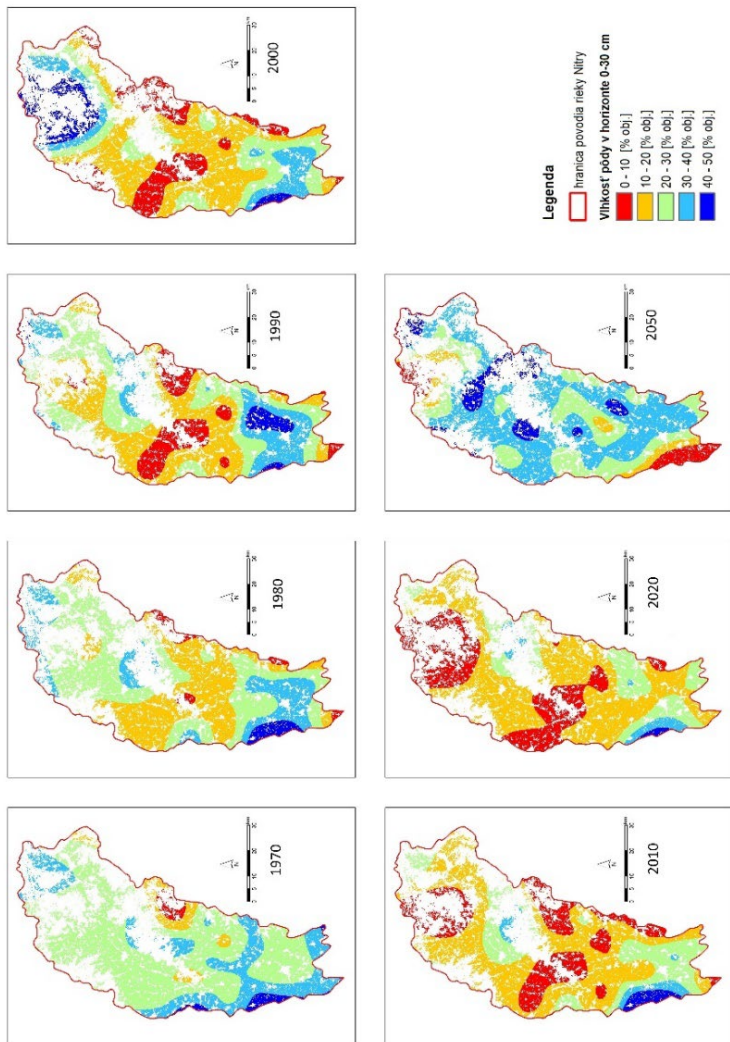
Sieť staníc teda poskytuje sadu bodových dát, pre konkrétne lokality. Pre potrebu priestorovej interpolácie môže byť hustota siete doplnená o dáta získané matematickým modelovaním obsahu vody v pôde. Výhodou využitia matematického modelovania je možnosť aplikovania klimatických scenárov a tým predikcia vývoja vlhkostného režimu v budúcnosti. Aby boli výsledky modelovania relevantné pre rôzne pôdne celky je potrebné poznať hydrofyzikálne charakteristiky pôd daného územia v dostatočnom spone (obr. 4).



Obr. 4: Sieť odberných miest hydrofyzikálných charakteristík v povodí rieky Nitra

Pre ilustráciu možnosti poskytnutých výstupov pre farmárov uvádzame obr. 5, ktorý znázorňuje vývoj vlhkosti pôdy v pôdnom horizonte 0-30 cm v rokoch 1970, 1980, 1990, 2000, 2010, 2020 a 2050. Dáta je možné poskytovať aj v prostredí geografických informačných systémov, čo farmárovi umožňuje presnú analýzu svojho územia.

Mapy vlhkosti pôdy je možné ďalej podrobnejšie spracovávať, vytvárať interpretované mapy a dáta, a získavať tak priestorové údaje napríklad o zásobe pôdnej vody, jej prístupnosti pre rastliny, či vytykovať územia s nevhodným vývojom vlhkosťného režimu. Rovnako je možné spracovať mapy aj pre jednotlivé mesiace daného roku pre zvolené časové horizonty.



Obr. 5: Mapy vlhkosti pôdy pre mesiac jún v rokoch 1970, 1980, 1990, 2000, 2010, 2020 a 2050 (Tárník et al., 2023)

OPATRENIA NA ZLEPŠENIE VLNKOSTNÉHO REŽIMU PÔD

Pre minimalizáciu negatívneho vplyvu klmatickej zmeny na pôdnu vlhkosť a vlhkosťný režim, je mimoriadne dôležité investovať do udržateľného vodného hospodárstva a do ochrany pôdy. Zavádzanie opatrení na zadržiavanie vody a zmiernenie dôsledkov extrémnych poveternostných javov môže pomôcť udržať pôdnu vlhkosť na optimálnej úrovni a minimalizovať jej narušenie. Taktiež je dôležité rozvíjať a podporovať poľnohospodárske techniky a metódy, ktoré sú prispôsobené novým klimatickým podmienkam a ktoré minimalizujú spotrebu vody pri pestovaní plodín. Pod pojmom zlepšenie vlhkosťného stavu rozumieme udržiavanie takej vlhkosti pôdy, ktorá bude vyhovovať jej využívaniu. V prípade poľnohospodárskej pôdy je teda optimálne udržiavať pôdnu vlhkosť v rozmedzí hydrolimitov poľná vodná kapacita – maximum a bod zníženej dostupnosti – minimum. To zabezpečí nielen dostatok prístupnej pôdnej vody ale aj dostatok pôdneho vzduchu a správne prevzdušnenie pôdy.

Schopnosť udržiavať vodu v dosahu koreňovej zóny v rámci pôdneho profilu závisí od rôznych pôdnych vlastností. Ide napríklad o zrornosť pôdy, rozdelenie pôdnych pórov podľa veľkosti, celkovú pórovitosť pôdy s dôrazom na kapilárne póry, jej objemovú hmotnosť, štruktúrnosť, hydraulickú vodivosť, obsah organickej hmoty a pod. Ak chceme zlepšiť vlhkosťný režim pôdy je potrebné upraviť fyzikálne a hydrofyzikálne charakteristiky pôdy, čo je cesta komplikovanejšia alebo zvýšiť infiltračnú schopnosť pôdy v súčinnosti s podporou zlepšovania vododržnosti pôdy. K tomu nám slúžia agronomické, melioračné, technické a pôdoochranné opatrenia.

K všeobecným opatreniam na zlepšenie spomínaných vlastností možno zaradiť:

- Zvyšovanie podielu organickej hmoty v pôde – v súčasnosti na Slovensku pozorujeme pretrvávajúci trend poklesu obsahu organickej hmoty v pôde. Je to zapríčinené nízkymi dávkami organických hnojív do pôdy a nedostatočným podielu zapracovávania pozberových zvyškov. Organická hmota pritom zlepšuje mnohé hydrofyzikálne vlastnosti pôd a pomáha tak k udržiavaniu dobrého vlhkosťného režimu pôd (Šimanský et al, 2016). Zvýšenie podielu organickej hmoty v pôde o 1 % predstavuje zvýšenie zásoby vody v pôde o 235 m³/ha. K základných spôsobom zvyšovania obsahu organickej hmoty v pôde zaraďujeme hnojenie maštalným hnojom, zelené hnojenie, hnojenie kompostom ako i pridávanie nových organických aditív ako napríklad biouhlie. Biouhlie okrem zvýšenia organického podielu

v pôde zlepšuje aj vodozadržnosť pôdy a prispieva k zníženiu emisií skleníkového aktívnych plynov z pôdy (Horák et al., 2019 a 2021). Jednorazový prídavok biouhľia 20 t/ha môže zvýšiť na hlinitopiesočnatej pôde hodnotu hydrolimitu poľná vodná kapacita o 12 % a tým zlepšiť vododržnosť pôdy až o 120 m³ vody na hektár (Igaz et al., 2018). To je voda, ktorá po zrážke neodtečie z koreňovej zóny pôdneho profilu, ale zostane k dispozícii pre fyziologický rast a vývoj pestovaných plodín.

- Voľba vhodných plodín a osevných postupov – poľnohospodárska prax stojí pred potrebou zavádzania nových odrôd a kultivarov poľnohospodárskych plodín, ktoré majú nižšie nároky na vodu. Nižšou spotrebou vody tak prispievajú k udržaniu vody v pôde aj pre iné ekosystémové služby, ktoré pôda poskytuje. Dôležité je tiež zvoliť správny osevný postup tak, aby sme nezaraďovali po sebe plodiny náročné na vodu. Náročné sú hlavne viacročné krmoviny, zemiaky, či kukurica, ktoré spotrebujú za vegetačné obdobie okolo 300 - 400 mm vody, stredne náročné na vodu sú obilniny so spotrebou 200 – 250 mm a najmenej náročné sú ozimné a jarné miešanky (Smatana – Týr, 2019).
- Správne agrotechnické opatrenia – hlavnou úlohou obrábania pôdy je úprava jej fyzikálnych vlastností, predovšetkým vytvorenia optimálneho pomeru medzi tuhhou, kvapalnou a plynnou fázou. Od toho závisí nielen dobré hospodárenie pôdy s vodou, ale aj biologické a chemické pomery pôdy (Smatana – Týr, 2019). Správnou voľbou náradia, strojov ako aj termínov agrotechnických zásahov vieme výrazne ovplyvniť štruktúrnosť pôdy a tým aj jej schopnosť prijímať a udržiavať vodu. Smatana a Týr (2019) upozorňujú, že významným prvkom v sústave obrábania pôdy i v sústave technológie pestovania poľných plodín a v rámci toho aj prvkom zabezpečujúcim dobré hospodárenie pôdy s vodou (v našich podmienkach ide predovšetkým o šetrenie pôdnou vlhkosťou) je podmietka strniska.
- Budovanie závlahového hospodárstva – v súčasnosti, keď pozorujeme zmeny v časovom rozložení zrážok je potrebné pristupovať k systematickému budovaniu závlahového hospodárstva. To začína zachytávaním zrážkovej vody v krajine, jej správnym využívaním a následnou spätnou distribúciou v čase potreby prostredníctvom systému závlah. Závlahové hospodárstvo teda zahŕňa okrem iného systém zachytávania vody v krajine prostredníctvom rôznych vodných stavieb

a nádrží, systém čerpacích staníc a prívodných potrubí a následne systémy závlahových detailov na pozemku. Hlavnú kostru závlahového hospodárstva na Slovensku má vo vlastníctve štát, ktorý si musí uvedomiť jeho významnosť a vynakladať naň adekvátne zdroje. Vhodným výberom spôsobu závlahy a závlahového detailu môže farmár takisto prispieť k efektívnej závlahe a teda k maximalizácii využitia závlahovej vody.

- Manažment zavlažovania: Efektívne zavlažovanie je jedným z najdôležitejších spôsobov, ako zabezpečiť primeranú vlhkosť pôdy. Je dôležité vybrať správny čas a správnu veľkosť závlahovej dávky, aby sa minimalizovala strata vody odparovaním a zároveň sa uspokojili potreby rastlín. Pri určení intenzity závlahy je potrebné zohľadniť intenzitu infiltrácie na konkrétnej pôde, aby sa netvoril prísušok, ktorý je potrebné následne rozrušovať. V maximálnej miere využívať úsporné systémy zavlažovania, ako sú kvapkové zavlažovacie systémy alebo systémy zavlažovania cez kapilárne pásy z dôvodu minimalizácie straty vody.
- Vegetačný kryt: Cielené ponechávanie vegetačného krytu na poľnohospodárskych pozemkoch za účelom ochrany povrchovej vrstvy pôdy. Vegetačný kryt chráni pôdu pred vplyvom slnka a vetra, ktoré pôdu vysušujú. Rovnako agrolesnícke systémy napomáhajú zlepšiť hospodárenie s vodou na obhospodarovaných pozemkoch.
- Technické a protierózne opatrenia: Pomocou technických a agrotechnických opatrení zabezpečiť ochranu pred vodnou a veternou eróziou, ktorá pôdu rozrušovaním pôdnych agregátov degraduje a tým znižuje jej vododržnosť. Je potrebné pristúpiť ku kontrole spôsobu obrábania pôdy výhradne po vrstevniciach a uplatňovaniu protieróznych opatrení, ako sú zatrávňovanie údoľníc, pásové pestovanie plodín, budovanie vsakovacích pásov a prieloh.

Zlepšenie vlhkostného režimu poľnohospodársky využívaných pôd je dlhodobý proces, ktorý si vyžaduje plánovanie, trpezlivosť a pozornosť k miestnym podmienkam a potrebám rastlín. Presný spôsob úpravy vlhkostného režimu pôd je možné stanoviť len poznaním konkrétnych podmienok danej lokality. Dôležité je kontinuálne monitorovanie pôdnej vlhkosti, aby bola možnosť prispôbiť poľnohospodárske postupy aktuálnym podmienkam. Existujú moderné technológie, ktoré umožňujú presnejšie sledovanie vlhkosti pôdy a riadenie zavlažovania na základe nameraných údajov.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] ANTAL, J. - IGAZ, D. 2012. Aplikovaná agrohydroológia. Nitra: SPU v Nitre. 2012. ISBN 978-80-552-0731-5
- [2] BÁREK, V. 2021. Klimatizačné závlahy ako adaptačné opatrenie na extrémny klimatickej zmeny Nitra: SPU v Nitre. dostupné online: <<https://zmenaklimy.sk/povodne/aktivity/brozury/>> 2021
- [3] FERANEC, J. – OŤAHEL, J. 2003. Mapovanie krajinnej pokrývky a zmien krajiny pomocou údajov diaľkového prieskumu Zeme. In Životné prostredie [online]. 2003, č. 1 [cit. 2009-11-1]. Dostupné na internete: <<http://www.seps.sk/zp/casopisy/zp/2003/zp1/feranec.htm>>
- [4] CHEN, M. – WILLGOOSE, G.R. – SACO, P. M. 2012. Spatial Prediction of Temporal Soil Moisture Dynamics using HYDRUS-1D in Hydrological Processes. ISSN 1099-1085, Doi: 10.1002/hyp.9518.
- [5] HORÁK, J. - KOTUŠ, T. - TOKOVÁ, L. - AYDIN, E. - IGAZ, D. - ŠIMANSKÝ, V., 2021. A sustainable approach for improving soil properties and reducing N2O emissions is possible through initial and repeated biochar application. In Agronomy-Basel. ISSN 2073-4395 online, 2021, vol. 11, iss. 3, art. no. 582 [17s.]. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.3390/agronomy11030582>>.
- [6] HORÁK, J. - BALASHOV, E. - ŠIMANSKÝ, V. - IGAZ, D. - BUCHKINA, N. P. - AYDIN, E. - BÁREK, V. - DRGOŇOVÁ, K., 2019. Effects of conventional moldboard and reduced tillage on seasonal variations of direct CO2 and N2O emissions from a loam Haplic Luvisol. In Biologia. ISSN 0006-3088, 2019, vol. 74, iss. 7, p. 767-782. Dostupné na internete: <<https://dx.doi.org/10.2478/s11756-019-00216-z>>.
- [7] IGAZ, D., 2010. Pôdna vlhkosť, jej tvorba a kvantifikácia: habilitačná práca. Nitra: SPU v Nitre. 2010.
- [8] IGAZ, D. - ŠIMANSKÝ, V. - HORÁK, J. - AYDIN, E. - DOMANOVÁ, J. - RODNÝ, M. - BUCHKINA, N. P., 2018. Can a single dose of biochar affect selected soil physical and chemical characteristics? In Journal of hydrology and hydromechanics. ISSN 0042-790X, 2018, vol. 66, iss. 4, s. 421-428.
- [9] INTERSUCHO.CZ, 2023. dostupné online <<https://www.intersucho.cz/sk/?mapcountry=sk>>
- [10] JURY, W. A. – HORTON, R. 2004. Soil Physics. Wiley, 2004. 384 s. ISBN 047105965X.

- [11] NAGY, V. - ŠTEKAUEROVÁ, V. 2006. Using of New Methods of Soil Water Content Measurement for Intention of Soil Water Regime Optimalization in Bioklimatologické pracovné dni 2006. ISBN 80-89186-12-2.
- [12] REHÁK, Š. - BÁREK, V. - JURÍK, L. - ČISTÝ, M. - IGAZ, D. - ADAM, Š. - LAPIN, M. - SKALOVÁ, J. - ALENA, J. - FEKETE, V. - ŠÚTOR, J. - JOBBÁGY, J., 2015. Zavlžovanie poľných plodín, zeleniny a ovocných sádov. 1. vyd. Bratislava : Veda, 2015. 640 s. ISBN 978-80-224-1429-6.
- [13] SMATANA, J. – TÝR, Š. 2019. Ako obrábaním pôdy šetriť vlahou. dostupné online: < <https://nasepole.sk/ako-obrabanim-pody-setrit-vlahou/>>
- [14] ŠIMANSKÝ, V. - HORÁK, J. - IGAZ, D. - JONCZAK, J. - MARKIEWICZ, M. - FELBER, R. - RIŽIJA, E. - LUKÁČ, M., 2016. How dose of biochar and biochar with nitrogen can improve the parameters of soil organic matter and soil structure? In Biologia. ISSN 0006-3088, 2016, vol. 71, no. 9, s. 989-995. Dostupné na internete: <<https://www.degruyter.com/view/j/biolog.2016.71.issue-9/biolog-2016-0122/biolog-2016-0122.xml?format=INT>>
- [15] ŠTEKAUEROVÁ, V. – NAGY, V., 2006. Hodnotenie vodného režimu pôd v rôznych ekosystémoch in Bioklimatologické pracovné dni 2006. ISBN 80-89186-12-2.
- [16] ŠÚTOR, J. – ŠTEKAUEROVÁ, V. 2001. Kvantifikácia zásob vody v zóne aerácie pôdy v poľnohospodárskych ekosystémoch – Využitie súborov údajov získaných monitoringom in Acta Hydrologica Slovaca. č. 1, str. 64 -71. ISSN 1335-6291.
- [17] TÁRNÍK, A. et al., 2023. Vlhkosť pôdy ako limitujúci faktor rozvoja poľnohospodárskej výroby in Udržateľné systémy inteligentného farmárstva zohľadňujúce výzvy budúcnosti. ISBN 978-80-552-2612-5.
- [18] TOKOVÁ, L. - IGAZ, D. - HORÁK, J. - AYDIN, E., 2020 Effect of biochar application and re-application on soil bulk density, porosity, saturated hydraulic conductivity, water content and soil water availability in a silty loam haplic luvisol. In Agronomy-Basel. ISSN 2073-4395 online, 2020, vol. 10, iss. 7, article number 1005 [17 s.]. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.3390/agronomy10071005>>.
- [19] VELEBNÝ, V. et al. 2000. Vodný režim pôdy. Bratislava: STU v Bratislave, 2000. 208 s. ISBN 80-227-1373-2.
- [20] ZAUJEC, A. et al. 2002. Pedológia. Nitra: SPU v Nitre, 2002. 98 s. ISBN 80-8069-090-1.

Autori:

Ing. Andrej Tárník, PhD. – prof. Ing. Dušan Igaz, PhD.

Názov:

Metodika monitoringu a opatrení na zlepšenie vlhkostného režimu poľnohospodársky využívaných pôd a spôsobu ich využívania v očakávaných podmienkach klimateckej zmeny

Vydavateľ: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Vydanie: prvé

Rok vydania: 2023

Forma vydania: online

AH – VH: 1,03 – 1,11

Neprešlo redakčnou úpravou vo Vydavateľstve SPU.

ISBN 978-80-552-2632-3