Agrolesnictví a jeho vliv na komplex hydropedologických vlastností půdy

VĚRA HORÁKOVÁ, MIROSLAV DUMBROVSKÝ, VERONIKA SOBOTKOVÁ, IVANA KAMENÍČKOVÁ

Klíčová slova: agrolesnictví — retence vody — Šardice — vlhkost — půda

ABSTRAKT

Cílem příspěvku je vyhodnocení retenční schopnosti krajiny v závislosti na použití půdoochranné technologie ve zvolené lokalitě a porovnání vybraných hydropedologických charakteristik v kontextu hospodaření s půdou. Z toho důvodu jsou pravidelně odebírány porušené a neporušené půdní vzorky a prováděny laboratorní rozbory. Zvolená lokalita se nachází v katastrálním území Šardice, v okrese Hodonín v Jihomoravském kraji. Na zvolené lokalitě je možné brát zatravněné pásy s jednou i více řadami stromů jako možný agrolesnický systém, kde probíhá kontinuální měření teploty a vlhkosti pomocí vlhkostních čidel TMS-4 od společnosti TOMST. Výsledky ukazují, že způsob využití půdy a obdělávání má vliv na hydropedologické vlastnosti půdy. Můžeme je ovlivnit jak pozitivně, tak negativně.

ÚVOD

Vzhledem k aktuálně probíhajícím klimatickým změnám, kdy vlivem zvyšující se průměrné roční teploty dochází k výskytu častějších extrémů, jako jsou přívalové srážky a delší období sucha, se klade velký důraz k návratu krajiny do původního stavu, nebo se k tomuto stavu alespoň co nejvíce přiblížit. Za posledních několik desítek let se v naší krajině na zemědělské půdě nehospodařilo ideálním způsobem, a proto je potřeba této problematice věnovat pozornost, zejména návrhu ochranných a adaptačních opatření. Půda je nejcennějším přírodním bohatstvím, jež každý stát má, a je také jeho přírodním zdrojem, který nelze obnovit [1].

V České republice je půda ohrožena převážně vodní a větrnou erozí [2]. Vliv vodní eroze na půdu se projevuje vyplavováním organických a minerálních částic z půdy a transportem sedimentů z erodovaných ploch. Následně dochází při poklesu sklonu terénu k jejich ukládání v místech akumulace [3]. Mezi další negativní účinky patří škody v zastavěném území, zanášení vodních toků a vodních nádrží, pronikání zbytků agrochemikálií a rizikových látek do vodního prostředí.

S intenzivní zemědělskou produkcí na orné půdě a produkcí dobytka je možno dosáhnout vysokých výnosů na jednotku plochy a práce, avšak mohou negativně ovlivňovat životní prostředí. Návrh a realizace agrolesnických systémů může být příspěvkem ke zmírnění klimatických změn, zlepšení vodního hospodářství krajiny, k podpoře biodiverzity krajiny a také pro přívětivější prostředí pro člověka.

Cílem příspěvku je zhodnocení vlivu agrolesnických systémů, způsobu obdělávání a využívání půdy na komplex hydropedologických vlastností půdy a průběhu vlhkosti.

METODIKA

Agrolesnický systém a jeho vliv na krajinu

V agrolesnictví je využíváno výhod kombinace stromů, keřů a hospodářských zvířat a jejich vzájemného působení. Jsou použity jak zemědělské, tak i lesnické technologie. Agrolesnické systémy (ALS) cíleně využívají stromy a keře v rámci zemědělství, či případně využívají jiné lesní produkty než dřevo [4].

Existuje několik definic agrolesnictví podle doby a místa vzniku. I přes mnoho dílčích nejasností v jeho vymezení je společným vodítkem všech agrolesnických systémů:

- hospodářská činnost zahrnující produkci jak zemědělskou, tak tu, kterou poskytují stromy nebo keře,
- vzájemná provázanost mezi těmito dílčími složkami systémů,
- důraz na ostatní mimoprodukční funkce, resp. setrvalost sytému,
- význam role člověka v systému.

Existuje řada systémů agrolesnictví. Pro základní klasifikaci agrolesnictví byla použita metodika podle Dupraze a kol. a Evropské agrolesnické federace EURAF. Na jejím základě je možné vymezit základní kategorie agrolesnictví na zemědělské půdě [5]:

Silvoorebné – pěstování dřevin na orné půdě, zemědělsko-lesnický systém, zahrnující dřeviny a zemědělské plodiny na stejném pozemku. Některé běžně užívané silvoorebné systémy jsou tak tvořeny obdělávanými uličkami a živými ploty (*obr. 1* a *2*).

Silvopastorální – pěstování dřevin na trvalých travních porostech, pastevně-lesnický systém, pastva, zvířata spásají travinu v ALS (*obr. 3*).

Agrosilvopastorální – zemědělsko-pastevně-lesnický systém – tedy pěstování plodin, dřevin a zároveň chovu zvířat.

ALS má potenciál být nástrojem pro kombinaci klimatické změny, ochrany obyvatel a majetku a vytvoření základů pro více udržitelnou ekonomiku a pro sociální rozvoj. Udržitelným obhospodařováním lesů je poskytnut rámec pro plánování na mezinárodní i vnitrostátní úrovni a je jednou z možností, jak se postavit neustále se měnícímu klimatu. ALS má zároveň potenciál přispět v oblasti adaptačních strategií. Ty podporují udržitelný management a komunitní postupy a mají potenciál nejen při ochraně půdy a obyvatel před nepříznivými dopady klimatických změn, ale poskytují též příležitost k většímu a udržitelnějšímu rozvoji venkova. Tyto systémy nabízejí farmářům možnosti v různorodosti produkce, snížení rizika při farmaření (produkci), zajištění potravin a tvorbu tolik potřebného příjmu. Dále také mohou uspokojit komerční potřebu dřeva a zlepšují podmínky životního prostředí. Díky agrolesnickým opatřením se nyní těží velké množství dřevin mimo konvenční lesní pozemky [6].

Obr. 1. Výzkumná plocha organizace INRAE, Restinclieres – kříženec ořešáku královského a ořešáku černého v kombinaci se zemědělskou plodinou (Foto: V. Horáková)
Fig. 1. Research area of INRAE, Restinclieres – a hybrid of royal walnut and black walnut in combination with an agricultural crop (Photo: V. Horáková)

Obr. 2. Výzkumná plocha organizace INRAE, Restinclieres – borovice v kombinaci s vinnou révou (Foto: V. Horáková)
Fig. 2. Research area of the INRAE, Restinclieres – pines in combination with vines (Photo: V. Horáková)

Obr. 3. Silvopastorální systém – farma La Losse chov ovcí (Foto: V. Horáková)
Fig. 3. Silvopastoral system – La Losse farm sheep breeding (Photo: V. Horáková)

Interakce mezi stromy a plodinami je studována v pozitivním, negativním i neutrálním směru. Tyto interakce jsou závislé na typu použitého modelu zahrnující různé varianty druhů, jejich povahy a uspořádání. Interakce je dále definována jako vliv jedné části systému na chování jiné části systému a/nebo celého systému [7]. Mezi stromy a rostlinami (plodiny a pastviny) dochází k různým interakcím. Studium interakce mezi stromy a plodinami v rámci agrolesnictví by mohlo pomoci najít vhodné způsoby, jak zvýšit celkovou produktivitu půdy. Hlavními pozitivními účinky vzájemného působení je zvýšená produktivita, lepší úrodnost půdy, koloběh živin a ochrana půdy. Hlavním negativním účinkem vzájemného působení je jejich konkurence, jež snižuje úrodu plodin. To může být způsobeno prostorem, světlem, živinami a vlhkostí, kterou potřebují. Ekologická udržitelnost a úspěšnost jakéhokoli agrolesnického systému je závislá na vzájemném působení a doplňování mezi pozitivními a negativními účinky. Celkový pozitivní výsledek může agrolesnický systém přinést pouze tehdy, kdy pozitivní účinky převáží nad těmi negativními [8].

Vlastnost půdy u agrolesnických systémů závisí na druzích stromů a jejich prolínaní, postupech hospodaření, uspořádání, množství a kvalitě podestýlky a míře jejího rozkladu. Stromy jsou vysazovány v řadách souběžně s ornou půdou s plodinami. Tyto stromy poskytují potravu, dřevo, palivo, krmivo, stavební materiály, suroviny pro malé lesní podniky a v některých případech obohacují půdu základními živinami [9].

Výsadba stromů a jejich udržitelnost může pomoci při ochraně půdy proti nepříznivým dopadům přívalových srážek. Kromě toho lze agrolesnické systémy využít k rekultivaci znehodnocené půdy a udržení kvality vody zachycením sedimentů, živin a toxických látek. Dále mají potenciál k přesunu vody z podstatně hlubších vrstev, kde se nachází voda, do vrstev, které jsou sušší a ve vyšším profilu půdy. Tento proces byl popsán jak u přírodně vzniklých skladeb stromů a travin, tak u agrolesnických systémů [10].

Všeobecně nechráněná půda získává více slunečního světla oproti chráněné půdě a stejný trend má i teplota. Mnoha výzkumy bylo prokázáno, že agrolesnické systémy fungují lépe než samostatný osevní systém v oblastech, kde je buď nedostatek podzemní vody, nebo méně atmosférických srážek. Agrolesnictví je dobrým nástrojem pro plodiny, jež mají rády stín a nižší teploty. Stromy přinášejí příznivé změny v mikroklimatických podmínkách, a to vlivem na tok záření, teplotu vzduchu, rychlost větru, deficit nasycení doplňujících plodin, což může mít významný dopad na modifikaci rychlosti a trvání fotosyntézy a následujícího růstu rostlin, transpiraci a využití půdní vody [11]. Stín stromů hraje významnou roli při snížení evapotranspirace, snížení teploty a zvýšení vlhkosti. Odstraněním stromů dochází u půdy ke zvýšení teploty o cca 4 °C a snížení relativní vlhkosti vzduchu o cca 12 % do 2 m nad zemí [12].

Výzkumná lokalita

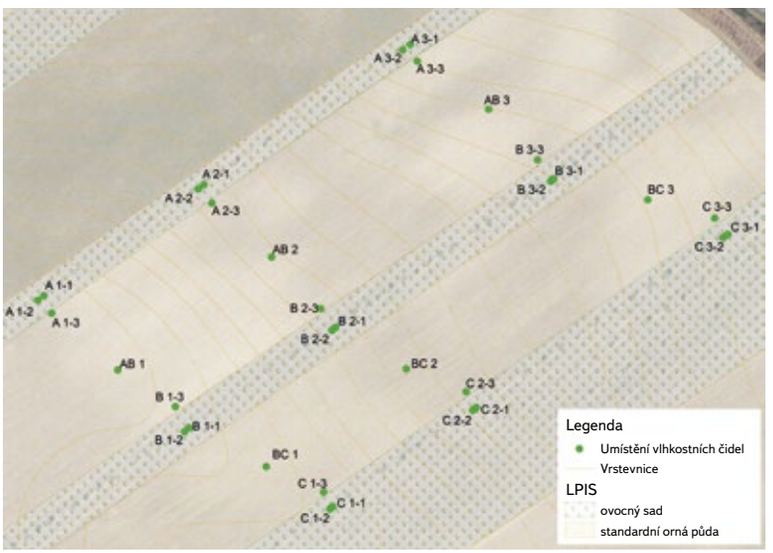
V rámci komplexních pozemkových úprav (KPÚ) v plánu společných zařízení (vedle návrhu sítě polních cest) došlo v katastrálním území Šardice k návrhu protipovodňových a protierozních opatření v návaznosti na územní systém ekologické stability. Součástí těchto polyfunkčních opatření bylo na pěti lokalitách – za účelem úpravy erozních a odtokových poměrů – dosaženo ekologické rovnováhy a utlumení různých druhů degradace zemědělsky využívané půdy. Mezi aplikovaná opatření v rámci plánu společných zařízení patří organizační opatření, tj optimální delimitace druhů pozemků, ochranné zatravnění na erozně ohrožených lokalitách, protierozní rozmístění plodin ve svazích, pásové střídání plodin a protierozní rozmisťování plodin. V rámci agrotechnických opatření došlo k výsevu do ochranné plodiny, strniště, mulče či posklizňových zbytků, k zatravnění erozně ohrožených meziřadí v sadech a vinicích za účelem zadržení dešťové vody na povrchu půdy a vrstevnicové obdělávání. Stěžejní navrženou částí jsou opatření biotechnická a technická jako protierozní průlehy a meze, zasakovací pásy a stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku pomocí zatravnění údolnic. V rámci KPÚ také vznikly čtyři záchytné protipovodňové nádrže a systém polních cest.

Obr. 4. Pohled na výzkumnou lokalitu agrolesnických systémů, 9/2022 (Foto: V. Horáková)
Fig. 4. View of the agroforestry systems research site, September 9/2022 (Photo: V. Horáková)

Výzkumná lokalita se nachází v České republice v Jihomoravském kraji, okres Hodonín, katastrální území Šardice (*obr. 5*). Vzhledem k rozsáhlosti vzniklých opatření a velikosti řešeného území byla vybrána jedna konkrétní lokalita s realizovanými agrolesnickými systémy, která se nachází severně až severovýchodně od obce Šardice (na *obr. 5* vyznačeno modrou tečkou). Modelová lokalita zahrnuje soustavu zasakovacích travních pásů s liniovou výsadbou dřevin střídanou pásy se zemědělskými plodinami (*obr. 4*). Zájmová lokalita spadá do teplé a na srážky chudé klimatické oblasti.

Obr. 5. Přehledná mapa a detail zájmové lokality (Zdroj: mapy.cz)
Fig. 5. Comprehensive map and detail of the location of interest (Source: mapy.cz)

Během let 2020–2022 byly sledovány následující aspekty: fyzikální vlastnosti půdy, vlhkost a teplota půdy. Na *obr. 6* jsou rozmístění jednotlivých vlhkostních čidel a místa odběrů vzorků pro laboratorní rozbory. Byly odebírány porušené (zrnitostní rozbor) a neporušené (fyzikální vlastnosti půdy a hydrolimity) půdní vzorky. Umístění i odběry jsou prováděny ve dvou hloubkách, a to 20 a 50 cm. Jde o orniční vrstvu (20 cm) a podorniční (50 cm) vrstvu půdy.



Obr. 6. Rozmístění vlhkostních čidel a místa odběrů (Foto: V. Horáková)
Fig. 6. Location of humidity sensors and sampling points (Photo: V. Horáková)

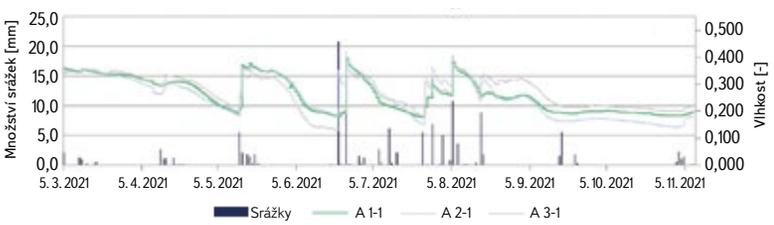
Odečítání vlhkostních čidel probíhá v terénu (*obr. 7*) propojením vlhkostního čidla a notebooku za pomoci kabelu s odečítacím zařízením, jež je k vlhkostním čidlům dodáváno.

Obr. 7. Odečítání čidel v terénu: uprostřed orné půdy (vlevo), travnatý pás mezi stromy (vpravo) (Foto: V. Horáková)
Fig. 7. Reading sensors in the field: in the middle of arable land (left), grass strip between trees (right) (Photo: V. Horáková)

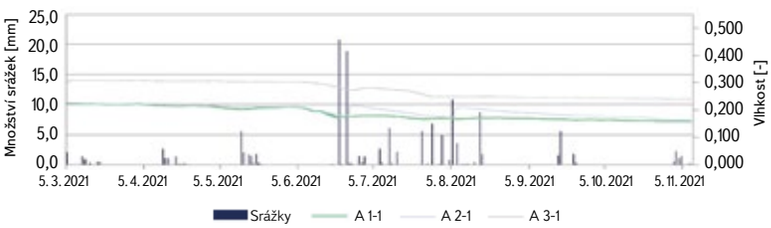
VÝSLEDKY A DISKUZE

Vzhledem k velkému množství dat byla vybrána jen část výsledků, a to vlhkost se srážkami za období 03/2021–11/2021, porovnání vlhkosti v pásu A s ohledem na pozici v hloubkách 20 a 50 cm, tj. mezi stromy (1), u stromu (2) a na kraji orné půdy (3). První číslo v označení značí pozici na svahu, tj 1 = nahoře, 2 = uprostřed a 3 = dole, druhé číslo v označení je umístění v rámci pozice na svahu, viz předchozí věta. Dále zde bude uvedeno porovnání fyzikálních vlastností z pásu A, a to z prvního (4/2020) a posledního (4/2022) jarního odběru.

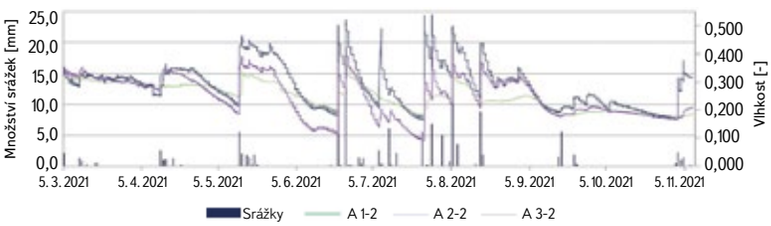
Na *obr. 8*, *10* a *12*, což jsou grafy pro hloubku 20 cm, lze vidět, že po srážkách dochází k rychlému nárůstu vlhkosti půdy. V období bez srážek poté dochází k jejímu snížení. Hodnoty se pro hloubku 20 cm pohybují v rozmezí 0,1–0,55, tj. 10–55 % v závislosti na intenzitě a množství srážek. V hloubce 50 cm (*obr. 9*, *11* a *13*) je vlhkost půdy za celé období značně vyrovnaná a nedochází ke skokovým změnám v závislosti na aktuálních srážkách, hodnoty se pohybují od 0,05 do 0,4, tj. 5–40 %. Hodnoty jsou oproti hloubce 20 cm nižší, avšak vyrovnanější. Výjimkou jsou dvě pozice, a to A 3–2 (dolní část svahu u stromu – *obr. 11*) a A 3–3 (dolní část svahu, kraj orné půdy – *obr. 13*). Tento skokový nárůst si můžeme vysvětlit jejich umístěním na svahu. Obě pozice se nacházejí v dolní části, což znamená, že dochází k povrchovému odtoku v rámci tohoto území a v tomto místě se pak voda zdržuje a vsakuje ve větší míře.



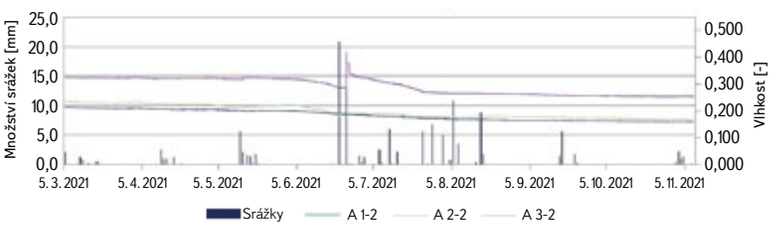
Obr. 8. Srážky a průběh vlhkostí pozice mezi stromy, pás A, hloubka 20 cm, období 03–11/2021
Fig. 8. Precipitation and moisture course of the position between the trees belt A, depth 20 cm, period 03–11/2021



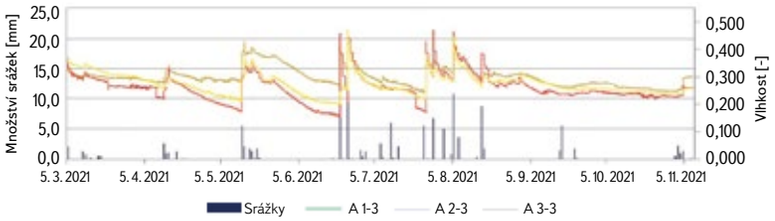
Obr. 9. Srážky a průběh vlhkostí pozice mezi stromy pás A, hloubka 50 cm, období 03–11/2021
Fig. 9. Precipitation and moisture course of the position between the trees belt A, depth 50 cm, period 03–11/2021



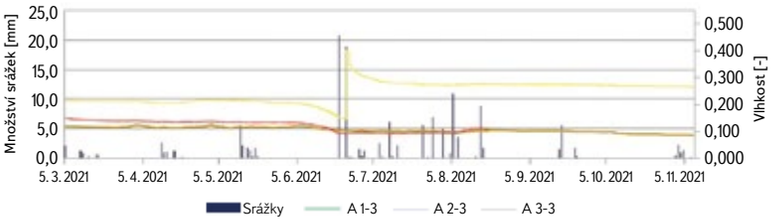
Obr. 10. Srážky a průběh vlhkostí pozice u stromu, pás A, hloubka 20 cm, období 03–11/2021
Fig. 10. Precipitation and moisture course of the position near the tree, belt A, depth 20 cm, period 03–11/2021



Obr. 11. Srážky a průběh vlhkostí pozice u stromu, pás A, hloubka 50 cm, období 03–11/2021
Fig. 11. Precipitation and moisture course of the position near the tree, belt A, depth 50 cm, period 03–11/2021



Obr. 12. Srážky a průběh vlhkostí pozice kraj orné půdy, pás A, hloubka 20 cm, období 03–11/2021
Fig. 12. Precipitation and moisture course position edge of arable land zone A, depth 20 cm, period 03–11/2021



Obr. 13. Srážky a průběh vlhkostí pozice kraj orné půdy, pás A, hloubka 50 cm, období 03–11/2021
Fig. 13. Precipitation and moisture course position edge of arable land zone A, depth 50 cm, period 03–11/2021

Tab. 1. Klasifikace zrnitosti dle Nováka
Tab. 1. Classification of granularity according to Novák

Pozice		**A_{1-1}**	**A_{1-2}**	**A_{1-3}**	**A_{2-1}**	**A_{2-2}**	**A_{2-3}**	**A_{3-1}**	**A_{3-2}**	**A_{3-3}**
Hloubka [cm]	20	střední – PH	střední – PH	Střední – PH	lehká – HP	lehká – HP	střední – PH	lehká – HP	střední – H	střední – H
	50	střední – PH	střední – PH	lehká –HP	střední – PH	lehká – HP	lehká – HP	lehká – HP	střední – H	lehká – HP

Tab. 2. Porovnání fyzikálních charakteristik pro pás A, hloubka 20 cm za období 4/2020 a 4/2022 – 1. část
Tab. 2. Comparison of physical characteristics for belt A, depth 20 cm for the period 4/2020 and 4/2022 – Part 1

Experimentální plocha		**A 1–1 (PH)**		**A 1–2 (PH)**		**A 1–3 (PH)**		**A 2–1 (HP)**		**A 2–2 (HP)**	
Datum		**4/2020**	**4/2022**	**4/2020**	**4/2022**	**4/2020**	**4/2022**	**4/2020**	**4/2022**	**4/2020**	**4/2022**
Hloubka	**h [cm]**	**20**									
objemová hmotnost reduk.	ρ_d [g.cm^{-3}]	1,48	1,63	1,59	1,73	1,49	1,61	1,58	1,66	1,56	1,56
momentální vlhkost	θ [%]	9,64	18,50	7,17	12,43	11,75	14,48	9,86	18,14	6,19	18,80
nasáklivost	$\theta_{NS} = \theta_S$ [%]	33,76	30,40	31,61	25,39	35,28	24,47	30,64	26,80	29,52	32,15
30´vlhkost	θ_{30} [%]	30,20	29,02	28,95	24,57	31,83	22,95	28,42	25,73	26,51	29,42
max. vodní kapacita	θ_{KMK} [%]	28,07	27,69	27,03	23,47	29,03	21,72	26,67	24,68	24,37	27,70
retenční vodní kapacita	θ_{RK} [%]	19,08	24,32	18,36	19,50	18,14	16,63	19,01	21,60	15,29	23,06
pórovitost	P [%]	43,98	38,48	40,08	34,70	43,81	39,26	40,27	37,44	41,26	41,11
kapilární póry	P_K [%]	19,08	24,32	18,36	19,50	18,14	16,63	19,01	21,60	15,29	23,06
semikapilární póry	P_S [%]	11,13	4,70	10,59	5,07	13,69	6,32	9,41	4,12	11,22	6,36
nekapilární póry	P_N [%]	13,78	9,45	11,13	10,13	11,98	16,31	11,84	11,71	14,75	11,69
provzdušenost	V_Z [%]	34,35	19,98	32,91	22,27	32,06	24,78	30,40	19,30	35,08	22,30
max. kap. vzdušná kapacita	K_{MKKVZ} [%]	15,91	10,79	13,05	11,23	14,77	17,54	13,59	12,76	16,90	13,41
retenční vzdušná kapacita	K_{RVKKVZ} [%]	24,91	14,15	21,72	15,20	25,67	22,63	21,25	15,84	25,97	18,05

V letech 2020–2022 byly odebrány porušené a neporušené půdní vzorky, které byly v pedologické laboratoři Ústavu vodního hospodářství krajiny VUT FAST v Brně podrobeny příslušným rozborům. Z porušených půdních vzorků byla zjištěna zrnitost zrnitostním rozborem hustoměrnou metodou podle Cassagrandeho. Vzorky byly poté dle Nováka klasifikovány (*tab. 1.*) buď jako lehká – hlinitopísčitá (HP), střední – písčitohlinitá (PH) nebo hlinitá (H) půda. Na základě zrnitostního rozboru jsou pak určeny limitní hodnoty u fyzikálních vlastností a hydrolimitů (viz níže v textu).

Z neporušených půdních vzorků byly vyhodnoceny vybrané fyzikální vlastnosti a hydrolimity. Pro ukázku byly vybrány výsledky z dubna roku 2020 a 2022. Z nich jsou patrné změny ve vyhodnocených parametrech (*tab. 2* a *3* – hloubka 20 cm, *tab. 4* a *5* – hloubka 50 cm). Pod tabulkami jsou jednotlivé vyhodnocené parametry popsány a vysvětleny.

Tab. 3. Porovnání fyzikálních charakteristik pro pás A, hloubka 20 cm za období 4/2020 a 4/2022 – 2. část
Tab. 3. Comparison of physical characteristics for strip A, depth 20 cm for the period 4/2020 and 4/2022 – Part 2

Experimentální plocha		A 2–3 (PH)		A 3–1 (HP)		A 3–2 (H)		A 3–3 (H)	
Datum		**4/2020**	**4/2022**	**4/2020**	**4/2022**	**4/2020**	**4/2022**	**4/2020**	**4/2022**
Hloubka	**h [cm]**	**20**							
objemová hmotnost reduk.	ρ_d [g.cm^{-3}]	1,30	1,71	1,51	1,56	1,56	1,60	1,44	1,67
momentální vlhkost	θ [%]	9,67	16,95	16,12	21,17	10,51	24,09	14,29	21,20
nasáklivost	$\theta_{NS} = \theta_S$ [%]	36,48	22,36	31,58	30,84	30,16	30,77	36,28	23,31
30´vlhkost	θ_{30} [%]	31,20	21,71	29,28	28,81	28,43	30,02	31,72	22,51
max. vodní kapacita	θ_{KMK} [%]	27,07	21,23	27,53	27,55	27,07	29,23	31,43	21,91
retenční vodní kapacita	θ_{RK} [%]	16,29	17,56	19,95	23,83	18,60	26,75	18,44	19,69
pórovitost	P [%]	50,97	35,53	43,13	41,13	40,95	39,46	45,84	36,99
kapilární póry	P_K [%]	16,29	17,56	19,95	23,83	18,60	26,75	18,44	19,69
semikapilární póry	P_S [%]	14,91	4,15	9,33	4,98	9,83	3,27	13,28	2,82
nekapilární póry	P_N [%]	19,78	13,82	13,85	12,32	12,52	9,44	14,12	14,48
provzdušenost	V_Z [%]	41,30	18,57	27,00	19,96	30,44	15,37	31,55	15,79
max. kap. vzdušná kapacita	K_{MKKVZ} [%]	23,90	14,30	15,60	13,58	13,88	10,23	14,42	15,08
retenční vzdušná kapacita	K_{RVKKVZ} [%]	34,69	17,97	23,18	0,00	22,35	12,71	27,40	17,31

Tab. 4. Porovnání fyzikálních charakteristik pro pás A, hloubka 50 cm za období 4/2020 a 4/2022 – 1. část
Tab. 4. Comparison of physical characteristics for strip A, depth 50 cm for the period 4/2020 and 4/2022 – Part 1

Experimentální plocha		A 1–1 (PH)		A 1–2 (PH)		A 1–3 (HP)		A 2–1 (PH)		A 2–2 (HP)	
Datum		**4/2020**	**4/2022**	**4/2020**	**4/2022**	**4/2020**	**4/2022**	**4/2020**	**4/2022**	**4/2020**	**4/2022**
Hloubka	**h (cm)**	**50**									
objemová hmotnost reduk.	ρ_d [g.cm^{-3}]	1,56	1,60	1,33	1,65	1,52	1,66	1,37	1,62	1,44	1,63
momentální vlhkost	θ [%]	15,55	16,90	12,70	11,18	14,17	13,81	15,95	16,16	13,09	14,55
nasáklivost	$\theta_{NS} = \theta_S$ [%]	35,35	34,88	37,83	21,68	36,67	29,49	34,14	30,87	32,58	31,67
30´vlhkost	θ_{30} [%]	33,33	32,74	33,29	29,98	34,54	26,93	30,06	29,05	28,95	29,19
max. vodní kapacita	θ_{KMK} [%]	31,92	31,31	30,95	28,54	32,65	25,54	27,61	27,55	26,39	27,27
retenční vodní kapacita	θ_{RK} [%]	22,56	28,56	21,26	25,56	23,89	19,62	19,01	25,22	16,77	20,57
pórovitost	P [%]	41,10	39,46	49,95	37,90	42,74	37,35	48,22	38,71	45,76	38,45
kapilární póry	P_K [%]	22,56	28,56	21,26	25,56	23,89	19,62	19,01	25,22	16,77	20,57
semikapilární póry	P_S [%]	10,77	4,17	12,03	4,43	10,65	7,31	11,05	3,83	12,18	8,62
nekapilární póry	P_N [%]	7,77	6,72	16,66	7,92	8,20	10,42	18,16	9,65	16,81	9,25
provzdušenost	V_Z [%]	25,55	22,56	37,25	26,73	28,57	23,54	32,27	22,54	32,67	23,90
max. kap. vzdušná kapacita	K_{MKKVZ} [%]	9,18	8,15	19,00	9,36	10,09	11,81	20,61	11,16	19,37	11,18
retenční vzdušná kapacita	K_{RVKKVZ} [%]	18,54	10,90	28,69	12,35	18,85	17,73	29,21	13,49	28,99	17,87

Tab. 5. Porovnání fyzikálních charakteristik pro pás A, hloubka 50 cm za období 4/2020 a 4/2022 – 2. část
Tab. 5. Comparison of physical characteristics for strip A, depth 50 cm for the period 4/2020 and 4/2022 – Part 2

Experimentální plocha		A 2–3 (HP)		A 3–1 (HP)		A 3–2 (H)		A 3–3 (HP)	
Datum		**4/2020**	**4/2022**	**4/2020**	**4/2022**	**4/2020**	**4/2022**	**4/2020**	**4/2022**
Hloubka	**h [cm]**	**50**							
objemová hmotnost reduk.	ρ_d [g.cm^{-3}]	1,56	1,63	1,54	1,58	1,68	1,69	1,49	1,70
momentální vlhkost	θ [%]	13,95	17,45	22,54	24,31	23,50	29,68	17,55	21,74
nasáklivost	$\theta_{NS} = \theta_S$ [%]	21,20	29,21	33,85	35,23	28,85	33,56	34,84	28,76
30´vlhkost	θ_{30} [%]	19,29	27,17	31,67	33,41	27,43	32,30	30,89	27,13
max. vodní kapacita	θ_{KMK} [%]	18,23	26,06	30,31	32,11	26,30	31,59	29,05	26,43
retenční vodní kapacita	θ_{RK} [%]	15,55	21,04	22,26	27,85	18,96	28,71	21,04	23,48
pórovitost	P [%]	40,96	38,32	41,86	40,38	36,52	36,24	43,84	35,75
kapilární póry	P_K [%]	15,55	21,04	22,26	27,85	18,96	28,71	21,04	23,48
semikapilární póry	P_S [%]	3,74	6,13	9,41	5,56	8,47	3,60	9,85	3,65
nekapilární póry	P_N [%]	21,67	11,15	10,19	6,98	9,10	3,93	12,95	8,62
provzdušenost	V_Z [%]	27,01	20,87	19,32	16,08	13,03	6,56	26,29	14,02
max. kap. vzdušná kapacita	K_{MKKVZ} [%]	22,73	12,26	11,54	8,28	10,23	4,64	14,79	9,33
retenční vzdušná kapacita	K_{RVKKVZ} [%]	25,41	17,28	19,60	0,00	17,56	7,53	22,80	12,27

Kritická objemová hmotnost (ρ_d) po vysušení dle Lhotského je pro hlinitopísčitou půdu > 1,6 g.cm^{-3}, pro písčitohlinitou > 1,55 g.cm^{-3} a pro hlinitou > 1,45 g.cm^{-3}.

Minimální hodnota objemové hmotnosti pro omezení růstu kořenů je pro hlinitopísčitou půdu 1,8 g.cm^{-3}, pro písčitohlinitou 1,75 g.cm^{-3} a pro hlinitou 1,7 g.cm^{-3}. Tuto hodnotu žádný vzorek nepřekročil, což znamená, že nedochází k omezení růstu kořenů.

Momentální vlhkost (θ) udává momentální obsah vody v půdě, vyjadřuje poměr objemu vody ve vzorku *Vw* k neporušenému objemu *Vs*. Vlhkost půdy se v průběhu roku mění, je závislá na srážkách, výparu, spotřebě rostlinami, odtoku a na vzlínání z hladiny podzemní vody.

Nasáklivost (θNS = θS) je stav, kdy jsou všechny póry zaplněny vodou. Jedná se prakticky o stav, který nastává bezprostředně po dešti.

Vlhkost 30' (θ30) vyjadřuje, kolik vody je půda schopna zadržet po 30 minutách odsávání filtračním papírem z původně plně nasyceného vzorku.

Maximální vodní kapacita (*θKMK*) by u hlinitopísčitých půd v ornici neměla překročit hodnotu 31 % a v podorničí 30 %, u písčitohlinitých v ornici 35 % a v podorničí 31 % a u hliněných v ornici 36 % a v podorničí 34 %; pokud tuto hodnotu překročí, znamená to, že voda se bude do půdy špatně vsakovat. V hloubce 20 cm nebyla hodnota překročena u žádného ze vzorků. U hloubky 50 cm už byla situace odlišná a několik vzorků tuto hodnotu překročilo.

Retenční vodní kapacita (θRK) vyjadřuje maximální množství vody, jež půda dokáže zadržet kapilárními silami po 24 hodinách odsávání z původně plně nasycené půdy.

Pórovitost (P) má rozhodující vliv na úrodnost půdy, existenci půdních mikroorganismů, umožňuje pronikání kořenů, vody a vzduchu do půdy a jejich pohyb v půdě. Při zvyšující se vlhkosti se zvyšuje a naopak při vysychání se zmenšuje. V ornici se zpravidla pohybuje od 40 do 60 % obj. a s rostoucí hloubkou klesá. Kritická hodnota pórovitosti dle Lhotského je v ornici pro hlinitopísčitou půdu < 40 %, pro písčitohlinitou < 42 % a pro hlinitou < 45 %.

Provzdušenost (*VZ*) se v orničních horizontech v dobrém stavu pohybuje v rozmezí 18–24 % obj. a u luk 9–12 % obj. Hodnota provzdušenosti nesmí v orné půdě klesnout pod 10 % obj. a u luk pod 6 % obj., jinak přestane probíhat výměna vzduchu a v půdě začnou probíhat anaerobní procesy. V takovém případě se pak musí provést agrotechnický zásah, jímž se zvýší množství vzduchu v půdě. U žádného vzorku nedošlo k překročení hraniční hodnoty, avšak převážná většina vzorků se nenachází v optimálním rozmezí, které indikuje dobrý stav orničního horizontu, z čehož vyplývá, že půda není v dobrém stavu.

Hodnoty nesplňující výše uvedené kritické hodnoty jsou v *tab. 2–5* zvýrazněny oranžově a hodnoty, které jsou mimo optimální rozmezí, jsou zvýrazněny šedě.

ZÁVĚR

Výzkum probíhá již od roku 2020 a každý rok dochází ke sběru dat jak z vlhkostních čidel, která měří kontinuálně, tak i k pravidelnému odběru neporušených půdních vzorků na začátku a na konci vegetačního období. Data získaná z vlhkostních čidel budou podrobena statistické analýze, v níž bude blíže zkoumáno a porovnáváno, zda a jak velký vliv mají na změnu vlhkosti (u obou hloubek) pozice na svahu, umístění stanoviště (orná půda, travnatý pás), roční období a množství spadlých srážek.

Z výše uvedených dat vyplývá, že pozice na svahu (sklon pozemku) a způsob využití pozemku má vliv na průběh vlhkosti a výsledné fyzikální parametry půdy. Nejlépe, za vybraná období 4/2020 a 4/2022, vycházejí hodnoty v hloubce 20 cm pro pozici A 2–2 (uprostřed svahu u stromu) a A 3–1 (dolní část svahu mezi stromy), a to jak z hlediska průběhu vlhkosti, tak z hlediska fyzikálních parametrů. U obou pozic nevyhovuje pouze hodnota provzdušenosti, ta je mimo optimální hodnotu pro orniční horizont v dobrém stavu. Avšak když se porovnají výsledky z prvního odběru s tím posledním, hodnoty u pozic v zatravněném pásu se stromy se zhoršily. Naopak u orné půdy jsou hodnoty spíše vyrovnané bez větších výkyvů.

Ze závěrečného zhodnocení agrolesnických systémů vyplývá, že nedokážou odvrátit probíhající klimatickou změnu, ale mohou pomoci ve zmírnění negativních dopadů na krajinu, a to zejména zmírněním eroze – větrné i vodní, dále zadržením srážek v krajině, tj. zvýšením infiltrace a snížením povrchového přímého odtoku, což je vzhledem k nestálosti srážek důležité (dlouhá období bez srážek či přívalové srážky). Celkově lze konstatovat, že krajině se vrací lepší vzhled a dochází v ní i k návratu divoké zvěře.

Výzkum i nadále pokračuje a bude rozšířen o pokusy pomocí hloubkového provzdušňovacího přístroje, který by měl pomoci v provzdušnění půdního horizontu v požadované hloubce, čímž by zlepšil infiltrační schopnost půdy. V místech pokusů budou odebrány porušené a neporušené půdní vzorky před a po provedení zásahu pro laboratorní rozbor, aby bylo možno vyhodnotit vliv na hydropedologické vlastnosti půdy. Dále dojde k odběru půdního vzorku pro rozbor edafonu, tj. živočichů a organismů žijících v půdě, z důvodu posouzení, zda a jaký má na ně tento zásah vliv.

Poděkování

Podpořeno Technologickou agenturou ČR, projekt č. TH04030409 – „Agrolesnické systémy pro ochranu a obnovu funkcí krajiny ohrožované dopady klimatických změn a lidskou činností" a Grantovou agenturou ČR, projekt č. BD122001010 – „Vyhodnocení vodního režimu krajiny a revize kritických bodů jako podklad pro návrh adaptačních opatření a zhodnocení jejich účinnosti pomocí srážkoodtokových modelů".

Literatura

[1] *Ochrana půdy a udržitelné způsoby hospodaření*. Praha: Institut vzdělávání v zemědělství, 2019.

[2] JANEČEK, M. *Ochrana zemědělské půdy před erozí. Metodika*. Praha: Powerprint, 2012. ISBN 9788087415429.

[3] *Příručka ochrany proti vodní erozi*. Praha: Ministerstvo zemědělství [2011]. ISBN 978-80-7084-996-5.

[4] SUTUMA, E. *Potenciální úloha agrolesnictví při zlepšení systému využití půdy a ochrany životního prostředí*. Brno: MZLU-LDF, Katedra pěstování a zakládání lesa, 1996. 137 s.

[5] DUPRAZ, C., LAWSON, G. J., LAMERSDORF, N., PAPANASTASIS, V. P., ROSATI, A., RUIZ-MIRAZO, J. Temperate Agroforestry: The European Way. In: Gordon A. M., Newman, S. M. (eds). *Temperate Agroforestry Systems*. 2nd Edition. Wallingford (UK): CABI, 2018.

[6] ANITHA, S., SATHYAPRIYA, R. Review on Benefits of Agroforestry System, *International Journal of Agricultural Science & Research*. 2012, 2(3), s 80–91.

[7] NAIR, P. K. R. An Introduction to Agroforestry. ICRAF, Nairobi, Kenya, Kluwer Academic Publishers, 1993, s. 243; NÁTR, Lubomír – Kongres. WCA, 2004.

[8] SINGH, N. R., JHARIYA, M. K., RAJ, A. Tree Crop Interaction in Agroforestry System. *Readers Shelf*. 2013, 10(3), s. 15–16.

[9] GHOSH, S. R., WADUD, M. A., MONDOL, M. A., RAHMAN, G. M. M. Optimization of Plant Density of Akashmoni (*Acacia auriculiformis*) for Production of Fuel Wood in the Bunds of Crop Land. *Journal of Agroforestry and Environment*. 2011, 5(2), s. 1–6.

[10] RICHARDS, J. H., CALDWELL, M. M. Hydraulic Lift: Substantial Nocturnal Water Transport between Soil Layers by *Artemisia Tridentata* Roots. *Oecologia*. 1987, 73, s. 486–489.

[11] MONTEITH, J. L., ONG, C. K., CORLETT, J. E. Microclimatic Interactions in Agroforestry Systems. *Forest Ecology and Management*. 1991, 45, s. 31–44.

[12] STEFFAN-DEWENTER, I., KESSLER, M., BARKMANN, J., BOS, M. M.; BUCHORI, D.; ERASMI, S.; FAUST, H.; GEROLD, G.; GLENK, K.; GRADSTEIN, R. S.; GUHARDJA, E.; HARTEVELD, M., HERTEL, D., HÖHN, P., KAPPAS, M., KÖHLER, S., LEUSCHNER, C., MAERTENS, M., MARGGRAF, R., MIGGE-KLEIAN, S., MOGEA, J., PITOPANG, R., SCHAEFER, M., SCHWARZE, S., SPORN, G. S., STEINGREBE, A., TJITROSOEDIRDJO, S. S., TJITROSOEMITO, S., TWELE, A., WEBER, R., WOLTMANN, L., ZELLER, M., TSCHARNTKE, T. Tradeoffs between Income, Biodiversity, and Ecosystem Functioning during Tropical Rainforest Conversion and Agroforestry Intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2007, 104(12), s. 4 973–4 978.

Autoři

Ing. Věra Horáková
✉ horakova.v@fce.vutbr.cz
ORCID: 0000-0003-4809-044X

prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.
✉ dumbrovsky.m@fce.vutbr.cz
ORCID: 0000-0003-3287-2957

Ing. Veronika Sobotková, Ph.D.
✉ sobotkova.v@fce.vutbr.cz
ORCID: 0000-0001-5304-6553

Ing. Ivana Kameníčková, Ph.D.
✉ kamenickova.i@fce.vutbr.cz
ORCID: 0000-0002-8793-226X

Ústav vodního hospodářství krajiny, Fakulta stavební VUT v Brně

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2023.01.001

AGROFORESTRY SYSTEMS AND ITS EFFECT ON THE COMPLEX OF HYDROPEDOLOGICAL PROPERTIES OF THE SOIL

HORÁKOVÁ, V.; DUMBROVSKÝ, M.; SOBOTKOVÁ, V.; KAMENÍČKOVÁ, I.

Institute of Landscape Water Management, Faculty of Civil Engeneering, University of Technology, Brno

Keywords: agroforestry — water retention — Šardice — humidity — soil

The aim of the contribution is to evaluate the retention capacity of the landscape depending on the use of soil protection technology in the chosen location and to compare selected hydropedological characteristics in the context of land management. As a result, broken and intact soil samples are taken regularly and laboratory analyses are carried out. The chosen locality is located in the cadastral territory of Šardice, in the Southern Moravian region in the District of Hodonín. On the chosen site it is possible to take grassed strips with one or more rows of trees as a possible agroforestry system, where temperature and humidity are measured continuously by TOMST's TMS-4 moisture sensors. The results show that the way land is used and cultivated has an impact on the hydropedological properties of the land. We can influence them both positively and negatively.