

VODODRŽNOST HYDRICKÝCH SKUPIN LESNÍCH PŮD V ČESKÉ REPUBLICE

THE WATER-HOLDING ABILITY OF FOREST SOIL HYDRIC GROUPS IN THE CZECH REPUBLIC

PAVEL SAMEC ✉ - ALEŠ KUČERA - PETRA RYCHTECKÁ - GABRIELA TOMÁŠOVÁ - JIŘÍ VOLÁNEK - MARIE BALKOVÁ - MARTIN VELEK - ALEŠ BAJER

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav geologie a pedologie, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Czech Republic✉ e-mail: pavel.samec@mendelu.cz

ORCID: P. Samec 0000-0002-8152-1603

A. Kučera 0000-0002-3139-7675

P. Rychtecká 0009-0007-2797-7195

G. Tomášová 0000-0002-9882-0829

J. Volánek 0000-0003-3629-4971

M. Balková 0000-0003-4796-449

A. Bajer 0000-0001-6809-3723

ABSTRACT

Forest soil moisture limits (hydrolimits) suggest variation in soil water availability for tree species. In this study, we focused on estimations of soil hydrolimits using multiple regression with grain size, C_{org} , pH/H₂O and cation exchange capacity (CEC) in the overlays between forest site georelief and bedrock in the Czech Republic. The multiple regression parameters were optimized in a system of 615 pits from case studies in 32 natural forest areas during 2002–2020. Light anhydromorphic soils were characterized by a decrease in hydrolimits with a profile depth, while hydrolimit values were higher at greater depths in hydromorphic soils. The dependences of hydrolimits on the granularity and forest soil physico-chemical properties were closer in the subsurface horizons than in the top ones. Higher correlations suggested that the hydrolimit increase appears to be more easily achievable in subsurface soil horizons by stimulating variable contents of C_{org} and CEC. On the other hand, the dependence of hydrolimits on variable soil properties suggested sensitivity to environmental changes affecting ecosystems.

[For more information see Summary at the end of the article.](#)

Klíčová slova: pedotransferová funkce; retenční vodní kapacita; bod vadnutí; kationtová výměnná kapacita

Key words: soil transfer function; water-holding capacity; wilting point; cation exchange capacity

ÚVOD

Půdní voda je nezastupitelným médiem tvorby půdního tělesa a fyziologie živých forem (RYEL et al. 2008). V půdě se vyskytuje v různých skupenstvích současně utvářejících hydrofyzikální vlastnosti. Přestože půdní hydrofyzikální vlastnosti ovlivňují všechny ekosystémové funkce, jejich vývoj je ovlivnitelný způsobem využívání krajiny (WANG et al. 2012). Využívání krajiny nevyhnutelně mění půdní podmínky, včetně vztahů mezi chemickými a fyzikálními vlastnostmi. Nicméně závislost půdních hydrofyzikálních vlastností na chemických byla charakterizována pouze u zemědělských pozemků v podobě pedotransferových funkcí (SHAAP et al. 2001; TÓTH et al. 2015; SZABÓ et al. 2019). Transferové funkce lesních půd dosud nebyly odvozeny pro rozsáhlá území zachycující komplexní krajinu. Přitom půdní podmínky lesů nezastupitelně ovlivňují schopnost kulturní krajiny přizpůsobit

se změnám obhospodařování nebo regionální změně klimatu (ŠACH, ČERNOHOUS 2015; MARKOVÁ et al. 2016; ŠACH et al. 2018).

Obsah kapalně vody dosahuje v anhydromorfních minerálních půdách průměrně 20–30 %. Relativní vlhkost půdního vzduchu obvykle přesahuje 99 % (TRENBERTH et al. 2007). Půdní voda je médiem pro mikroheterogenní roztok obsahující rozpuštěné soli, organické látky a plovoucí koloidní částice (LEVY et al. 1993). Voda do půdy proniká nejčastěji s atmosférickými srážkami vsakem nebo po svahu. Naproti tomu vývoj hydromorfních půd probíhá díky průniku podzemních vod, který je v blízkosti vodních zdrojů nahrazován bočním přítokem. Půdy vystavené nedostatku srážek nebo nízké hladině podzemní vody závisejí na kondenzaci vodních par v pórech. Následně ke ztrátám půdní vody dochází výparem, odtokem nebo kořenovou desukcí. Půda brání bezprostředním ztrátám vody pomocí sorpce nebo koheze

(ŠÁLY 1978). Sorpční a kohezí (kapilární) síly rozdělují výskyt půdní vody do nestálých forem, které mezi sebou přecházejí. Půdní sorpce podmiňuje výskyt hygroskopické a obalové vody, zatímco koheze podmiňuje výskyt kapilární vody:

- Krystalická voda je vázána v mřížkách nerostů. Krystalicky vázaná voda je vytěšňována pouze působením vnější energie, kvůli čemuž je nedostupná pro výživu rostlin a nehodnotitelná při posuzování významu půdních hydrofyzikálních vlastností pro ekosystémové funkce (KUTÍLEK, NIELSEN 2007).
- Hygroskopická voda je pára poutaná elektrostatickými silami na povrchích půdních částic. Protože povrchový náboj je stálý, poutaná pára je nepohyblivá a nezúčastňuje se rozpouštění.
- Obalová voda je kapalina poutaná elektrostaticky okolo pevných půdních částic. Protože síla poutání kapalných obalů je menší než u par, obalová voda se pomalu pohybuje od částic s větším obalem k méně obaleným částicím.
- Kapilární voda se nachází výhradně v kapilárních pórech, kde se pohybuje všesměrně zdvihem díky povrchovému napětí vyššímu než je okolní tlak par. Obsah kapilární vody je klíčový pro udržení rostlinného růstu při nedostatku ostatních forem půdního rozto-ku (VAVŘÍČEK, KUČERA 2017).
- Gravitační voda se pohybuje ve směru zemské tíže v (makro)pórech takových rozměrů, kde nepůsobí kapilární zdvih. Proudění gravitační půdní vody je buď nenasyčené, nebo nasycené. Nenasyčené proudění vzniká vsakem vody do vzduchem vyplněných pórů až do jejich nasycení. Nasycené proudění se vyskytuje v pórech vyplněných vodou po minimální vzdušnou kapacitu (SZABÓ et al. 2019).

Hydrofyzikální vlastnosti charakterizují obsah půdní vody staticky, nebo dynamicky. Hydrostatické pojetí charakterizuje vodní režim (bilanci) půdy, zatímco hydrodynamické pojetí charakterizuje pohyb vody. Vodní bilance půdy je poměr mezi vstupy a výstupy vody v půdním tělese za jednotku času. Půdní vlastnosti ovlivňují vodní bilanci prostřednictvím vododržnosti. Půdní vododržnost je množství vody zadržitelné objemem půdního tělesa (VAVŘÍČEK, KUČERA 2017). Vliv vododržnosti na celkovou vodní bilanci půdy probíhá ve sledu hydrolimitů rozdělených podle převažujících forem půdní vody. Půdní hydrolimity jsou hodnotami vlhkosti naznačujícími vztahy mezi vlastnostmi půdních fází. Vlhkost půdních fází rozděluje hydrolimity na základní, ovlivňující vododržnost, a aplikované, ovlivňující růst rostlin (KUČERA et al. 2021):

- Adsorpční vlhkost odpovídá maximálnímu množství vody, zadržitému na aktivních povrchích částic bez chemických reakcí. Voda je při adsorpční vlhkosti poutána pouze na hydratovaných iontech a nejjemnějších koloidech. Adsorbovaná voda je nepohyblivá a samovolně nevyloučitelná.
- Hygroskopická vlhkost je maximální množství vodních par zadržité na povrchích koloidních částic s aktivním O⁻. Aktivní kyslík selektuje dipóly H₂O ↔ H⁺ + OH⁻, které způsobují hydrataci výměnných minerálních kationtů.
- Bod vadnutí (BV) je vlhkost hygroskopicky až mikrokapilárně vázané vody, kterou rostliny nejsou schopny využít kvůli neschopnosti překonat sílu poutání v půdě. Hodnota bodu vadnutí je individuální pro každý rostlinný druh a kolísá během vývoje rostliny a v závislosti na zdravotním stavu organismu (HLAVINKA et al. 2011).
- Bod snížené dostupnosti (BSD) je stanovištně specifická vlhkost, při níž dochází k prudkému poklesu pohyblivosti kapilární vody. Pokles pohyblivosti vody je způsobován přerušením vodního sloupce v makropórech až semikapilárních pórech, čímž náhle klesá objem vody dostupné pro rostlinný růst (KUTÍLEK, NIELSEN 2007).
- Retenční vodní kapacita (RVK) je největší množství kapilárně zadržité vody za jednotku času. Množství kapilárně zadržité vody

odpovídá rovnovážnému nasycení kapilárních pórů (ŠVIHLA et al. 2007). Velikost RVK je přímo úměrná obsahu půdního jílu.

- Maximální kapilární kapacita (MKK) je největší množství vody zadržené v kapilárních a semikapilárních pórech. MKK významně ovlivňuje stálost hodnot retenční vodní kapacity v čase (Yu et al. 2021).
- Plná vodní kapacita (PVK) je mezní stav vyplnění půdních pórů vodou. Hodnota PVK se limitně blíží celkové půdní pórovitosti za nulového sacího tlaku.

Půdní hydrolimity naznačují ekologickou klasifikaci vodní bilance lesů. Klasifikace vodní bilance lesů je prováděna buď pomocí rozdělení hodnot hydrolimitů, nebo pomocí jejich vztahů s evapotranspirací ekosystému (ŠVIHLA et al. 2012). Rozdělení hodnot půdních hydrolimitů naznačuje vodní bilanci lesů v mezích od humidní po aridní podle významnosti výparu:

- Aquatický stav je dosažení PVK ve svrchních půdních horizontech do hloubky 50 cm. Jeho výskyt v lesích je podmíněn mělkým výskytem nepropustných substrátů v půdním tělese, plochými depresiemi reliéfu nebo trvalou stagnací vody.
- Udický interval je stálá vlhkost půdního tělesa blízká se PVK. Stálá půdní vlhkost se udržuje na málo propustných substrátech v humidním klimatu s rovnováhou mezi atmosférickými srážkami a výparem.
- Ustický interval zahrnuje půdní vlhkost kolísající mezi optimální dostupností a přechodným nedostatkem. Nedostatek půdní vody se projevuje hydrolimity mezi BSD a BV. Kolísavá půdní vlhkost je široce rozšířena v subhumidních až semiaridních oblastech.
- Aridní interval zahrnuje pravidelný pokles obsahu půdní vody z bodu vadnutí do hydrogroskopické vlhkosti ve svrchních horizontech. Vyskytuje se zejména v (semi)aridních oblastech, kde nízká půdní vlhkost nedovoluje vymývání, ale umožňuje srážení solí.
- Hyperaridní interval zahrnuje pravidelný pokles obsahu půdní vody pod mez hygroskopické vlhkosti. Hyperaridní interval se vyskytuje jen v nejsušších oblastech světa.

Vodní bilance lesů je pomocí základních nebo aplikovaných hydrolimitů půd hodnocena značně odlišně. Odlišné hodnocení hydrolimitů vyplývá z výskytu všesměrně se překrývajících intervalů hodnot mezi půdními horizonty navzdory různé vlhkosti. Zatímco základní hydrolimity souvisejí s hodnocením vodního potenciálu půd, aplikované hydrolimity slouží k efektivnímu hodnocení proměnlivosti půdní vlhkosti. Hodnocení vodního potenciálu lesních půd je typologicky zaměřeno na hydrické skupiny půd (MACROVČIN et al. 2000), zatímco individuálně na hydrografickou regionalizaci (KUČERA et al. 2021).

Hydrické skupiny půd sestávají ze subtypů sloučených podle podobných příznaků ovlivnění vodou. Půdní ovlivnění vodou je typizováno pomocí taxonomických kritérií hydromorfizmu a překryvů intervalů interagujících hydrofyzikálních vlastností. Hydrická seskupení půd jsou nejvíce ovlivněna hydraulickou vodivostí, zrnitostním složením a RVK (KUTÍLEK, NIELSEN 2007). Stupně hydromorfizmu naznačují rozdělení lesních půd až do deseti skupin, kdežto interakce hydrofyzikálních vlastností indikují pouze pět skupin (MACROVČIN et al. 2000).

Hydrografická regionalizace lesů se odvozuje prostřednictvím prostoro-ového rozdělení evapotranspirace. Lesní evapotranspirace se liší jak podle dřevinné skladby a hustoty porostu, tak podle nadmořské výšky a sezónního rozložení atmosférické vlhkosti. Vlivy polohy způsobují, že lesní evapotranspirace je rozdělena do neopakovatelných oblastí. Jedinečná soustředění vlhkosti prostředí ohraničují přirozené oblasti akumulace vod (VYSKOT et al. 2003). Převýšení a vlhkost rozdělují povodí do hydrografických regionů poskytujících rostlinným spo-

čerstvým jedinečné růstové podmínky s neopakovatelnou přizpůsobivostí na změnu klimatu (LIN 2006; TRENBERTH et al. 2007; MACKŮ 2014).

Přizpůsobivost rostlinných společenstev změně klimatu závisí na půdní vlhkosti. Současně ale opakovaná nebo hluboká sucha snižují transpiraci a fotosyntézu až k úhynu rostliny. Přizpůsobení rostlinných společenstev suchu probíhá prostřednictvím šíření hlouběji kořenících druhů, které nahrazují mělce kořenící (KNAPP et al. 2008). Odhad dopadů sucha pomocí půdních hydrolimitů je (polo)provozně založen na sledování přechodu mezi BSD a BV. Předpověď přizpůsobivosti rostlin spočívá v hodnocení vztahů mezi vývojem klimatu, reliéfu a zvětrávání hornin s půdní objemovou hmotností, zrnitostí, pH, kationtovou výměnnou kapacitou a obsahem uhlíku v půdních typech (HENGL et al. 2017). Aplikované hydrolimity jsou společně s půdními chemickými vlastnostmi sledovány pomocí odraženého záření z půdního povrchu. Dopady proměnlivosti obsahu půdní vody na rostliny jsou sledovány pomocí měření aktuální evapotranspirace, zatímco přizpůsobivost rostlin je hodnocena srovnáním s modelovanou potenciální evapotranspirací (HLAVINKA et al. 2011).

Vlivy fyzikálních a chemických vlastností na hydrolimity indukují schopnost půdy zadržovat vodu k mírnění odtoku (KUTÍLEK, NIELSEN 2007). Půdní tělesa přirozeně zahrnují soubor vzájemně se ovlivňujících fyzikálních, fyzikálně-chemických, chemických a biologických vlastností, mezi nimiž je každá nevyhnutelně ovlivněna ostatními. Stejně tak jakákoli půdní vlastnost zároveň ovlivňuje ostatní (PHILLIPS et al. 1996). Půdní vododržnost je nejvýrazněji závislá na množství mikropórů a koloidech poutajících molekuly vody na povrchu svých struktur. Proto pokles vododržnosti v důsledku zániku půdní struktury zabraňuje rostlinám překonávat suchá období. Přesto pouze podloží nejvíce ovlivňuje prostorové rozdíly mezi hodnotami jednotlivých půdních vlastností (DEMPSTER et al. 2013). Vliv podloží způsobuje, že půdní podmínky jsou značně samo-organizované bez výrazných závislostí na působení vnějších sil (PHILLIPS 2000).

Cílem naší studie bylo zjištění hydrolimitů lesních půd pomocí analýzy vícenásobného působení fyzikálně-chemických vlastností jednotlivých horizontů v nadregionálním rozsahu. Procesy půdní autoregulace předznamenávají, že transferové funkce k odhadu hydrolimitů mohou být optimalizovány jako vícenásobné z kombinací mezi přirozenými skupinami půdních vlastností. Prostorová souvislost mezi půdními a horninovými vlastnostmi podporuje využití pedotransferových funkcí mezi různými typy využití krajiny na stejném podloží. Odhad hydrolimitů uvnitř jednoho typu krajiny je prováděn globálními metodami, zatímco odhad hodnot mezi různými krajinnými systémy je prováděn lokalizovanými metodami (TÓTH et al. 2015). Lokální odhady zároveň umožňují použít pedotransferové funkce k hodnocení odolnosti půdních podmínek mezi aktuálním a potenciálně přirozeným stavem během změny klimatu (MARKOVÁ et al. 2016).

MATERIÁL A METODIKA

Hydrolimity lesních půd byly stanoveny v bodovém poli a generalizovány do polygonů překrývajících se typů georeliéfu a podloží na území České republiky. Polygonový model půdních hydrolimitů byl validován s bodovými údaji pomocí analýzy reziduí (SAMEC et al. 2008).

Data

Bodové pole

Vstupní hodnoty půdních hydrofyzikálních, fyzikálně-chemických a chemických vlastností byly získány při průzkumech lesů uskutečněných Lesnickou a dřevařskou fakultou Mendelovy univerzity v Brně v letech 2002–2020. Bodové pole hloubených půdních sond bylo sestaveno z případových studií průzkumů ve vybraných lesních oblas-

tech ČR. Případové studie zahrnují lužní lesy (RYCHTECKÁ et al. 2020; VALTERA et al. 2021), bory (SAMEC et al. 2021), doubravy (VOLÁNEK 2017), bučiny (SAMEC et al. 2014) a horské lesy (SAMEC et al. 2005, 2009, 2010; VAVŘÍČEK et al. 2006, 2014; BALKOVÁ et al. 2021) včetně vysokohorských smrčín (BUČEK et al. 2004; SAMEC et al. 2007; PECHÁČEK et al. 2011).

Bodové pole bylo složeno z 615 půdních sond ve 32 lesních oblastech. Půdní tělesa byla typizována podle taxonomické klasifikace (NĚMEČEK et al. 2011). Sondy byly rozděleny do hydrických skupin pomocí klasifikace půdních subtypů (MACROVČIN et al. 2000). Genetické půdní horizonty všech vzorkovaných půdních těles byly charakterizovány pomocí zrnitosti, obsahu uhlíku (C_{org}), fyzikálně-chemických a hydrofyzikálních vlastností. Zrnitost byla zjištěna pipetováním ve frakcích písku (0,1–2,0 mm), prášku (0,05–0,1 mm), prachu (0,01–0,05 mm) a jílu (< 0,002 mm) podle USDA (BURT 2004). Obsah půdního uhlíku byl stanovován spektrofotometrií extraktantu chrom-sírové směsi (BIRD et al. 2001). Fyzikálně-chemické vlastnosti byly reprezentovány půdní reakcí a sorpcí. Půdní reakce byla stanovena jako aktivní pH/H_2O acidometricky podle ČSN ISO 10390. Fyzikálně-chemická sorpce byla charakterizována pomocí kationtové výměnné kapacity (KVK) a bazické saturace (BS). KVK byla zjištěna jako suma koncentrací výměnných kationtů z extrakce v 0,1M $BaCl_2$ a BS jako podíl výměnných bazí z KVK (COOLS, DE Vos 2020).

Půdní hydrofyzikální vlastnosti byly na rozdíl od kvalitativních chemických vlastností zjišťovány z neporušených vzorků přirozeně rostlé zeminy odebraných kvantitativně v objemu 100 cm³ pomocí Kopeckého válečků. V laboratorních podmínkách byly gravimetricky zjištěny hydrolimity plné vodní kapacity (PVK), maximální kapilární kapacity (MKK), retenční vodní kapacity (RVK) a bodu vadnutí (BV) (KUČERA et al. 2021).

Polygonové vrstvy

Pestrost zachycených půdních podmínek byla zjištěna pomocí průniků bodového pole s polygony georeliéfu, horninového podloží, půdních asociací, cílových hospodářských souborů lesních typů a nadmořské výšky (CULEK et al. 2005; SEDLÁČEK et al. 2009; SAMEC et al. 2018). Typ georeliéfu je geomorfologický tvar zobrazený do středně velkého a středně složitěho souboru geneticky stejnorodých ploch. Na území ČR se vyskytuje 18 typů georeliéfu, z nichž jen rozřezané plošiny (26,3 %), svahy (17,7 %) a vrchoviny (12,8 %) pokrývají nadpoloviční většinu lesů. Typ podloží je skupina geneticky příbuzných matečných hornin odlišená pomocí původu, zásaditosti a vlhkosti. V ČR se nachází 23 typů nezamokřeného podloží a 8 typů zamokřeného podloží. Současné lesní půdy nejvíce pokrývají kyselé metamorfity (26,1 %), droby (11,2 %), kyselé plutonity (7,9 %), kyselé podmáčené sedimenty (7,1 %), neutrální plutonity (7,3 %) a pestré metamorfity (7,2 %). Polygony typů georeliéfu a podloží v měřítku 1 : 50 000 byly převzaty z biochorického členění ČR v registru biogeografie spravovaného Agenturou ochrany přírody a krajiny (CULEK et al. 2005).

Půdní asociace je heterogenní uspořádání matrice hlavní půdní jednotky a plošek doprovodných nebo doplňkových půdních jednotek ohraničených charakteristickými matečnými horninami. Území ČR je pokryto 55 půdními asociacemi, ale v lesích se vyskytuje jen 53 asociací. Nejvíce zastoupenými asociacemi lesních půd jsou KA3 (23,6 %), KA4 (14,6 %), KA33 (6,3 %), KP2 (6,1 %) a PG1 (5,1 %). Naopak asociace organozemí, glejů a podzolů vyskytující se téměř výhradně v lesích zahrnují dohromady 8,7 % (MACKŮ, HOMOLOVÁ 2007).

Cílový hospodářský soubor (CHS) lesních typů je sdružením stanovišť s podobnými růstovými podmínkami pro porostotvorné dřeviny. Hospodářské soubory byly odvozeny sdružením lesních typů podle vyhlášky Ministerstva zemědělství ČR 298/2018 Sb. Lesní půdy zahrnují celkem 27 cílových hospodářských souborů. Živná stanoviště středních poloh (21,3 %), kyselá stanoviště středních poloh (11,2 %),

kyselá stanoviště vyšších poloh (11,4 %) a živná stanoviště vyšších poloh (10,8 %) společně zahrnují nadpoloviční většinu lesních stanovišť na území ČR (MACKŮ 2014). Hospodářské soubory na stanovištích hloubených sond byly zjištěny průnikem s vrstvou generalizovaných lesních typů v databázi oblastních plánů rozvoje lesa (OPRL) spravovanou Ústavem pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem (SLABÝ, PĚNIČKA 1998).

Nadmořská výška hloubených půdních sond byla odečtena průnikem změřených souřadnic s rastrem 10 × 10 m digitálního modelu reliéfu v základní bázi geografických dat spravované Českým úřadem zeměměřičským a katastrálním (SAMEC et al. 2018).

Statistické hodnocení

Nadregionálně reprezentativní hodnoty hydrolimitů lesních půd byly odvozeny pomocí zastoupení růstových podmínek, posouzení reprezentativnosti bodového pole hloubkových sond a přenosu parametrů vícenásobné regrese z bodového pole do polygonů.

Zastoupení růstových podmínek bylo zjištěno z četností půdních sond vyhloubených v jednotlivých typech reliéfu, podloží, půdních asociací nebo CHS. Vlastnosti svrchních a podpovrchových horizontů zkoumaných sond byly charakterizovány pomocí průměrných hodnot a směrodatných odchylek (SO) v jednotlivých hydrických skupinách.

Reprezentativnost pole sond pro přenos parametrů regresních funkcí byla ověřena pomocí lineární regrese mezi četnostmi vzorkovaných půd a zastoupením typů jednotlivých typů růstových podmínek při $p < 0,05$. Na základě nejtěsnějších regresí s nejvyšším indexem determinace (r^2) bylo vybráno členění lesních stanovišť pro vícenásobnou aproximaci hydrolimitů. Reprezentativní půdní vlastnosti polygonů vybraného členění byly zjištěny jako průměrné hodnoty pomocí průniku se soustavou poloprovodně šetřených sond v databázi OPRL (SAMEC 2020).

Vícenásobná regrese byla aproximována mezi závisle proměnnými hydrolimity a nezávisle proměnnými zrnitostními a fyzikálně-chemickými vlastnostmi v každé hydrické skupině zkoumaného bodového pole půdních sond. Nadregionálně reprezentativní hodnoty hydrolimitů byly následně odvozeny použitím zjištěných regresních parametrů v hydrických skupinách půdních vlastností vybrané typizace lesních stanovišť na území ČR. Nejistoty z přenosu regresních parametrů byly porovnány pomocí analýzy reziduí mezi měřenými a aproximovanými hodnotami hydrolimitů. Rozdíly nadregionálních hydrolimitů mezi svrchními a podpovrchovými půdními horizonty byly vyhodnoceny pomocí srovnání zastoupení asymetricky klasifikovaných intervalů hodnot (PECHANEC et al. 2020).

VÝSLEDKY

Hydrofyzikálně zkoumané lesní půdy zahrnují více než 73,5 % typů z různých členění růstových podmínek na území ČR. Asociace lesních půd byly vzorkováním charakterizovány nejméně, zato cílových hospodářských souborů bylo zachyceno 92,6 %. Nejvíce sond bylo umístěno na rozřezaných plošinách (B) (19,5 %), v užších nivách (N) (18,9 %), svazích (S) (14,6 %), údolích (U) (11,0 %) nebo na hřbetech (Z) (10,5 %) převážně z kyselých metamorfítů (S) (18,7 %), kamenitých nivních sedimentů (k) (16,9 %) nebo pískovcového flyše (K) (11,1 %). Nejčastěji vzorkovanými půdními asociacemi byly pseudogleje luvické až oglejené luvizemě PG2 (20,1 %), následované dystrickými kambizeměmi KA4 (9,9 %), kambizeměmi modálními až luvickými KA33 (7,7 %), kambizeměmi modálními z flyšů KA31 (5,2 %) a kambizeměmi modálními eubazickými KA2 (5,8 %). Cílové hospodářské soubory byly nejvíce reprezentovány lužními stanovišti 19 (19,2 %), živnými stanovišti středních poloh 45 (16,7 %) až vyšších poloh 55 (11,1 %) a mimořádně nepříznivými stanovišti 01 (9,9 %) (obr. 1).

Hydrické skupiny vzorkovaných půd korespondovaly s typy hodnocených růstových podmínek úměrně s četnostmi odběrů. Nejvíce byly vzorkovány anhydromorfní lehké (AHML) půdy, které zahrnují 62,9 % odběrů vzhledem k anhydromorfním těžkým (AHMT) půdám zahrnujícím pouhé 3,9 %. Fluviální půdy (L) byly vzorkovány více než oglejené půdy, ale součet hydromorfních včetně rašeliništních půd překonal zastoupení vzorkovaných fluvialních půd. Pseudogleje a FLg ($P < 30$ cm) byly vzorkovány častěji než oglejené subtypy anhydromorfních půd ($P > 60$ cm). Glejové půdy (G) byly vzorkovány sice více než $P < 30$ cm, ale méně než součet pseudoglejů a oglejených subtypů. AHML a $P > 60$ hydrické půdní skupiny byly vzorkovány ve více typech reliéfu s výskyty většího počtu půdních asociací a CHS. I když AHML půdy zahrnují rovněž nejvíce typů podloží a půdních subtypů, zastoupení typů matečných hornin a půdních jednotek bylo mezi všemi hydromorfními půdami velmi vyrovnané. Nicméně počet zahrnutých typů reliéfu podmínil i největší výškový rozptyl vzorkovaných hydrických skupin AHML a $P > 60$ půd (154–1405 m n. m.). Výrazně hydromorfní půdy byly vzorkovány v intervalech převýšení 680–700 m (mezi 153–1208 m n. m.), ale fluviální a rašeliništní půdy se nacházely v převýšení < 600 m (mezi 158–806 m n. m.) (tab. 1).

Rozdíly mezi zastoupením jednotlivých typů členění růstových podmínek lesů a četnostmi vzorkovaných půd naznačily, že typy reliéfu a podloží korespondovaly s půdními průzkumy těsněji než zastoupení půdních asociací a CHS. Reliéf zahrnul 43 % rozptylu mezi celkově zastoupenými typy a počty vzorkovaných půd. Podloží vysvětlilo sice jen 36 % rozptylu mezi typizací a vzorkováním, ale půdní asociace a CHS zahrnují < 36 % rozptylu navzdory vyšší hladině významnosti. Nižší r^2 vzorkovaných půdních asociací souvisely s výskyty odlehklých hodnot PG2, KP2, KA2, KA31 a KA33, kdežto reprezentativnost vzorkovaných CHS byla omezena především nadhodnocením lužních a mimořádně nepříznivých stanovišť a podhodnocením kyselých stanovišť ve vyšších polohách (obr. 2).

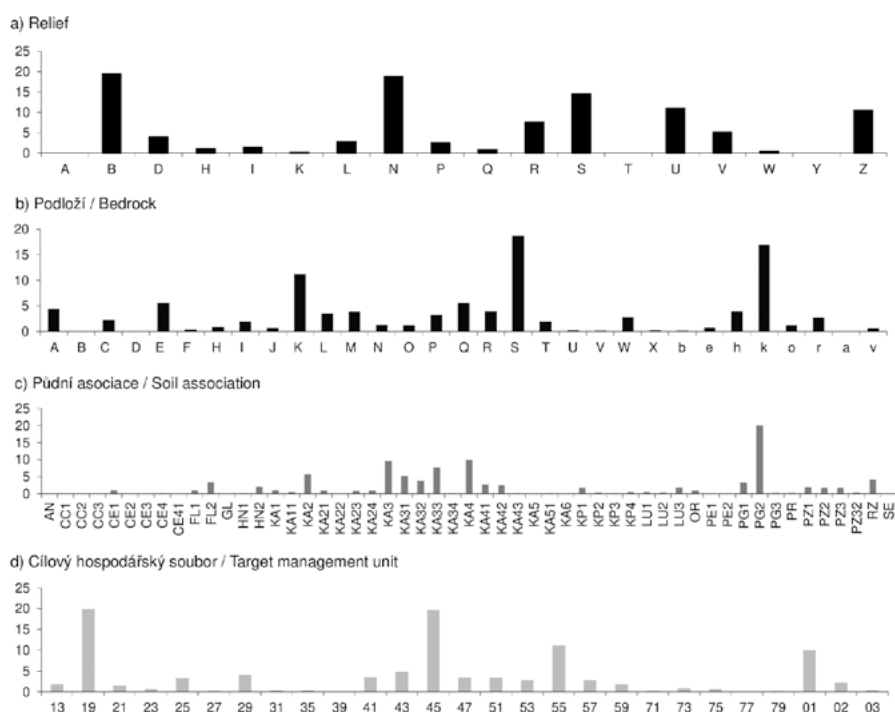
Poklesy C_{org} a KVK, ale i vzrůst obsahu jílu mezi svrchními a podpovrchovými horizonty v hydrických skupinách lesních půd naznačily lineární vliv na hydrolimity. Naopak pH vyšší ve větší hloubce u lehkých anhydromorfních až hydromorfních půd na rozdíl od těžkých půd naznačilo diferenciaci vztahů s hydrolimity. Rozdíly hydrolimitů mezi svrchními a podpovrchovými horizonty naznačily odlišné vztahy s chemickými vlastnostmi lehkých nebo těžkých půd a hydromorfních půd. PVK a MKK stejně jako RVK byly vyšší ve svrchních hydromorfních horizontech, avšak RVK bylo ve svrchních horizontech anhydromorfních těžkých půd nižší než v hlubších horizontech. Naopak PVK klesala s rostoucí hloubkou obdobně s bodem vadnutí u anhydromorfních stejně jako u fluvialních půd (tab. 2).

Odhady limitů vlhkosti lesních půd byly aproximovány v překryvu 128 kombinací mezi typy georeliéfu a horninového podloží. Kombinovaná AHML stanoviště zahrnuje téměř 80,4 % lesů, zatímco AHMT stanoviště zahrnuje necelých 9 % lesů. Pseudoglejová stanoviště zahrnuje téměř polovinu všech hydromorfních půd (5,5 % lesů), kdežto oglejená zahrnuje pouze 1,9 %, fluviální 1 %, úžlabní (V) necelých 0,3 %, glejová 1,4 % a rašeliništní přibližně 0,6 % lesů. Vlivy půdních vlastností na hydrolimity se statisticky lišily jak mezi jednotlivými hydrickými skupinami lesních půd, tak mezi srovnávanými půdními horizonty. Statisticky významné aproximace zahrnují ve svrchních půdních horizontech 50–75 % hydrických skupin půd, kdežto podpovrchové horizonty sestávaly z 63–88 % významných odhadů hydrolimitů. Méně významné odhady vododržnosti svrchních půdních horizontů zahrnují maximálně 31 % rozptylu, ale až 48 % rozptylu hodnot v podpovrchových horizontech. Významné odhady zahrnují nejméně 9 % rozptylu u lehkých anhydromorfních půd po 99 % rozptylu u úžlabních půd. Nicméně vztahy mezi chemickými půdními vlastnostmi a aproximovanými hydrolimity nezachovaly vzhledem k měřeným hodnotám odlišnosti půdních skupin. Rozdíly hydrolimitů mezi půdními horizonty v kombinovaných typech reliéfu a podloží

zůstaly vymezeny PVK až RVK krajně hydromorfních vlhké, glejové a rašeliništní skupiny. AHML půdy se vyznačovaly aproximovanými PVK až RVK vyššími v podpovrchových horizontech (tab. 3). Krajně hydromorfní fluvální, úžlabní, glejové až rašeliništní půdy se vyznačovaly střední RVK > 50 %, zatímco anhydromorfní až oglejené lesní půdy měly RVK < 50 %. Odlišné odhady PVK až RVK byly ve svrch-

ních horizontech kombinovaných stanovištních typů podmíněny stejnými úměrami parametrů obsahu půdního jílu, pH a C_{org}.

Kombinované typy růstových podmínek byly charakteristické převahou velmi nízkých nebo nízkých hodnot aproximovaných hydrolimitů. Zatímco svrchní půdní horizonty byly charakteristické převahou

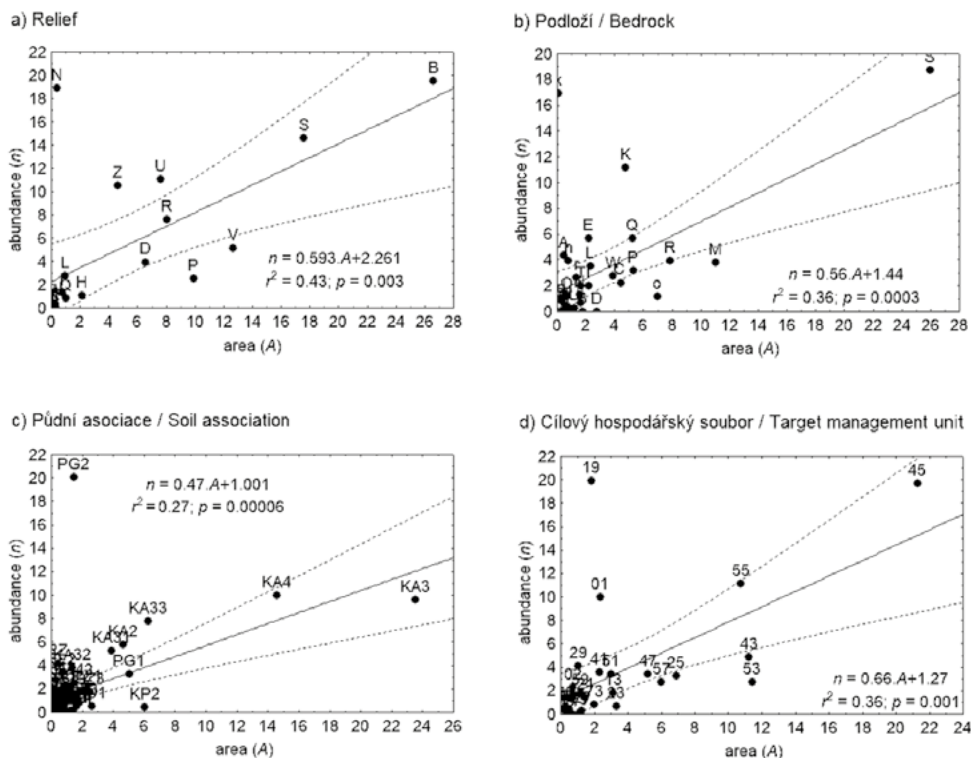


Obr. 1. Zastoupení charakteristik růstových podmínek (%) v bodovém poli vzorkovaných hydrických skupin lesních půd
Fig. 1. Share (%) of site characteristics at point field from sampled forest soil hydric groups

Tab. 1. Četnosti hydrofyzikálního vzorkování stanovištních charakteristik hydrických skupin lesních půd (HSLP) včetně zastoupení (n) v intervalech nadmořské výšky (H): CHS – cílový hospodářský soubor; AHML – anhydromorfní lehké půdy; AHMT – anhydromorfní těžké půdy; P > 60 – oglejené subtypy anhydromorfních půd; P < 30 – stagnosoly; L – fluvální půdy; V – úžlabní půdy; G – glejsoly; R – rašeliny
 Numbers of hydrophysically sampled site characteristics of forest soil hydric groups (HSLP) including proportion (n) at altitudinal intervals (H): AHML – light anhydromorphic soils; AHMT – heavy anhydromorphic soils; P > 60 – stagni-anhydromorphic soil subgroups; P < 30 – Stagnosols; L – fluvial soils; V – gorge soils; G – Gleysols; R – moorlands

HSLP	Geolief ¹	Podloží ²	Asociace ³	Subtypy ⁴	CHS ⁵	n (%)	H (m)
AHML	15	25	34	42	22	62,91	169–1405
AHMT	9	12	14	10	8	3,93	241–708
P>60	12	12	17	9	10	4,33	154–1260
P<30	7	16	11	6	7	5,90	153–847
L	8	12	7	5	2	15,47	158–611
V	2	2	3	3	3	0,39	520–1208
G	6	11	10	10	5	6,03	170–867
R	3	4	4	6	4	1,05	213–806

¹relief; ²bedrock; ³soil associations; ⁴soil groups; ⁵target management units



Obr. 2.

Lineární regrese mezi celkovým zastoupením stanovištních charakteristik lesních půd a vzorkovanými hydrickými skupinami na území České republiky

Fig. 2.

Linear regression between total proportion of forest soil site characteristics and sampled hydric groups in the Czech Republic

Tab. 2.

Srovnávané vlastnosti svrchních a podpovrchových horizontů v hydrických skupinách lesních půd (HSLP) (více viz tab. 1). KVK – kationtová výměnná kapacita; PVK – plná vodní kapacita; MKK – maximální kapilární kapacita; RVK – retenční vodní kapacita; BV – bod vadnutí
 Compared properties of top and subsurface horizons in forest soil hydric groups (HSLP) (see Tab. 1). Jíl – clay; KVK – cation exchange capacity; PVK – maximum retentive capacity; MKK – maximum capillary capacity; RVK – water-holding capacity; BV – wilting point

Horizont	HSLP	Jíl (%)	pH/H ₂ O	C _{org} (%)	KVK (cmol ⁺ /kg)	PVK (%)	MKK (%)	RVK (%)	BV (%)
Svrchní/Topsoil	AHML	4.03±4.74	4.49±1.09	7,83±6,56	14,68±16,50	41,92±12,39	38,62±12,44	31,39±11,05	10,07±4,82
	AHMT	5.56±6.30	5.84±1.54	6,05±4,29	16,66±6,15	42,45±10,9	39,90±11,12	31,67±11,83	9,41±2,15
	P>60	3.61±6.25	4.83±1.14	4,72±2,98	12,66±8,48	45,11±10,91	42,48±11,66	36,15±11,65	11,32±5,27
	P<30	2.92±3.32	5.36±1.08	4,90±3,90	10,35±5,61	41,84±10,28	45,11±9,14	38,46±10,12	10,42±5,71
	L	4.70±3.27	6.47±1.01	5,3±2,98	12,83±5,07	45,63±8,97	41,93±9,47	32,78±10,00	10,09±1,97
	V	4.22±3.22	4.44±0.05	6,59±0,20	9,47±0,59	12,87±0,76	60,84±3,14	56,68±4,97	29,10±2,30
	G	2.51±3.67	5.25±1.07	9,58±8,50	15,87±8,81	58,98±1,7	56,78±12,79	49,39±11,27	12,64±3,60
	R	0.18±0.13	4.38±0.84	29,4±11,47	28,30±17,30	17,79±3,5	72,69±19,88	70,47±19,19	38,29±10,40
Podpovrchové/ Subsurface	AHML	5.14±6.45	4.51±0.70	2,46±1,78	9,59±4,85	41,27±9,28	38,33±9,57	31,43±9,68	9,68±4,09
	AHMT	17.40±17.36	5.29±1.05	2,00±0,81	15,88±8,87	42,26±4,93	40,94±4,79	37,47±6,93	8,31±3,03
	P>60	6.58±7.33	4.88±1.03	1,54±1,42	12,50±8,21	41,08±7,14	38,94±7,80	33,99±8,97	12,09±6,71
	P<30	7.48±8.30	5.46±1.22	2,00±2,97	9,78±6,48	45,75±8,84	37,54±9,48	32,05±9,17	10,88±7,75
	L	4.46±3.49	6.54±1.22	2,86±1,59	9,15±3,81	39,90±10,33	36,07±10,16	28,31±11,28	9,68±2,03
	V	6.35±2.58	4.64±0.14	2,32±1,04	7,41±1,09	10,78±0,47	50,53±2,77	47,54±2,95	26,16±1,43
	G	4.27±5.33	5.53±1.12	3,97±3,87	12,19±6,83	52,06±14,35	50,34±14,49	45,35±13,43	11,52±4,17

Tab. 3. Parametry, odchylky (*b*), střední čtverce reziduí (*MS*), odhady závisle proměnných (\hat{y}), indexy determinace (r^2) a Fischer-Snedecorovy testy ($F_{0,05}$) vícenásobných regresí mezi hydrolimity a fyzikálně-chemickými vlastnostmi v horizontech hydrických skupin lesních půd (HSLP) (vysvětlivky v tabulkách 1–2)
 Parameters, interceptions (*b*), medium residual squares (*MS*), dependently variable estimations (\hat{y}), determination indices (r^2) and Fischer-Snedecorov tests ($F_{0,05}$) of multiple regressions between moisture limits and physicochemical properties in forest soil hydric group (HSLP) horizons (for captions see Table 1 and 2)

Hydro-limit	Svrchní půdní horizonty/Topsoil horizons										Diagnostické+podložní horizonty/Diagnostic+subsoil horizons									
	HSLP	Jil	pH/H ₂ O	C _{org}	KVK	<i>b</i>	<i>MS</i>	\hat{y}	r^2	$F_{0,05}$	Jil	pH/H ₂ O	C _{org}	KVK	<i>b</i>	<i>MS</i>	\hat{y}	r^2	$F_{0,05}$	
PVK	AHML	-0,09	1,19	0,62	-0,07	33,14	142,27	40,17±1,30	0,09	8,99	0,05	0,18	1,56	0,28	33,68	76,55	41,69±4,35	0,14	5,27	
	AHMT	0,28	-3,58	0,75	0,61	46,81	56,28	50,98±7,72	0,60	10,01	-0,02	-1,44	0,60	0,54	40,39	18,24	66,55±8,54	0,48	2,09	
	P>60	0,47	2,03	2,00	-0,08	25,24	93,18	42,69±0,04	0,31	3,22	0,28	-0,17	4,24	-0,14	35,34	23,52	38,91±0,30	0,62	7,42	
	P<30	-0,69	-3,27	0,66	-0,06	59,77	89,91	42,51±2,97	0,28	2,40	-0,51	0,26	-0,18	-0,09	49,15	66,13	44,85±2,24	0,15	0,84	
	L	0,43	-3,28	0,70	0,44	55,58	57,40	60,82±2,41	0,32	12,26	0,52	-3,96	1,08	0,90	52,12	66,44	69,77±3,91	0,40	18,13	
	V	-0,29	-70,31	4,37	-11,13	450,86	0,66	60,63±6,06	0,99	5,09	-0,29	-70,31	4,37	-11,13	450,86	0,66	54,09±7,13	0,99	5,09	
MVK	G	-0,49	-1,30	-0,21	0,79	57,16	131,65	61,94±0,26	0,28	2,70	-0,11	0,18	-0,20	1,23	37,39	159,18	54,08±6,56	0,32	3,42	
	R	0,00	-24,82	-1,04	0,51	197,37	229,33	96,25±23,60	0,68	3,50	0,00	-24,82	-1,04	0,51	197,37	229,33	95,30±25,72	0,68	3,50	
	AHML	-0,26	0,84	0,64	-0,06	31,76	139,86	36,91±1,47	0,11	11,56	0,01	-0,25	1,56	0,29	32,84	81,86	38,60±4,30	0,13	5,05	
	AHMT	0,37	-4,32	0,65	0,51	50,48	51,69	50,28±6,45	0,65	12,28	0,01	-0,41	-0,26	0,38	37,41	18,25	47,67±5,63	0,45	1,83	
	P>60	0,47	1,24	2,08	-0,02	25,27	30,75	40,49±0,03	0,32	3,24	0,32	-1,56	4,31	-0,02	38,09	106,27	36,88±0,23	0,59	6,37	
	P<30	-0,39	1,93	0,91	0,21	28,99	67,74	41,03±2,40	0,26	2,23	-0,45	2,64	0,27	0,99	17,50	72,65	44,64±8,52	0,39	3,01	
RVK	L	0,42	-3,27	0,78	0,43	51,42	65,06	56,53±2,37	0,30	11,58	0,53	-3,82	1,04	0,98	46,73	62,68	68,53±4,28	0,41	19,24	
	V	-0,78	-56,20	4,08	-10,25	379,70	0,66	60,77±5,72	0,99	4,77	-0,78	-56,20	4,08	-10,25	379,70	0,66	52,13±7,31	0,99	4,77	
	G	-0,38	-1,39	-0,21	0,79	55,30	132,70	61,98±0,51	0,26	2,61	-0,06	-0,16	-0,13	1,23	37,08	162,11	52,74±7,12	0,32	3,44	
	R	0,00	-23,94	-1,02	0,54	189,92	230,55	79,11±13,61	0,65	3,13	0,00	-23,94	-1,02	0,54	189,92	230,55	71,17±8,13	0,65	3,13	
	AHML	-0,16	0,04	0,52	-0,05	28,53	111,59	29,86±1,26	0,10	10,21	0,06	-0,14	1,41	0,28	25,60	87,01	31,82±4,23	0,11	4,07	
	AHMT	0,70	-4,28	0,37	0,43	43,22	75,72	39,03±5,44	0,54	7,89	0,02	0,78	-1,12	0,38	29,12	39,27	45,12±5,95	0,43	1,73	
BV	P>60	0,43	0,09	1,85	0,14	23,65	104,90	35,09±0,12	0,32	3,35	0,41	-1,95	4,54	0,01	33,65	48,01	50,33±0,54	0,51	4,72	
	P<30	-0,14	2,79	0,97	-0,20	20,27	90,69	32,68±1,67	0,22	1,76	-0,11	3,65	0,41	1,06	3,62	58,96	40,08±10,06	0,49	4,55	
	L	0,64	-3,30	0,60	0,56	40,76	75,25	52,18±3,43	0,27	10,21	0,59	-3,39	1,38	0,95	35,22	86,13	5,92±4,84	0,35	14,48	
	V	-0,61	-31,61	2,31	-6,63	235,84	0,66	50,04±5,36	0,99	4,27	-0,61	-31,61	2,31	-6,63	235,84	0,66	4,81±7,63	0,99	4,27	
	G	-0,30	-2,14	-0,12	0,64	53,03	102,83	52,69±0,33	0,28	2,68	0,08	-2,03	0,10	1,12	42,23	129,09	49,33±8,44	0,37	4,28	
	R	0,00	-22,36	-1,09	0,73	168,23	228,22	68,18±12,79	0,61	2,63	0,00	-22,36	-1,09	0,73	168,23	228,22	60,31±5,61	0,61	2,63	
BV	AHML	0,01	1,05	0,07	-0,02	5,13	22,71	10,04±0,51	0,20	4,10	0,32	-0,47	0,17	0,04	9,35	12,49	9,64±1,27	0,28	12,65	
	AHMT	0,00	-0,25	-0,14	0,12	9,73	4,69	11,23±1,65	0,14	1,07	0,01	0,17	-0,09	0,16	4,87	9,08	11,14±2,46	0,31	1,03	
	P>60	0,50	0,39	-0,24	0,12	7,34	12,53	11,51±0,11	0,61	10,75	0,32	2,37	0,73	0,24	-5,66	12,28	11,65±0,37	0,78	15,65	
	P<30	0,59	0,25	0,36	0,17	3,39	20,30	11,79±2,51	0,32	2,94	0,53	0,20	0,34	0,31	2,06	28,83	12,81±4,45	0,42	4,39	
	L	-0,05	0,03	0,21	0,03	8,63	3,50	10,74±0,16	0,13	4,00	-0,01	-0,16	0,30	0,09	9,01	3,76	11,98±0,32	0,12	3,67	
	V	-0,11	-11,67	0,85	-1,98	78,26	0,66	12,86±0,44	0,99	6,88	-0,11	-11,67	0,85	-1,98	78,26	0,66	12,31±1,63	0,99	6,88	
BV	G	-0,24	0,83	0,10	0,13	6,00	11,47	11,53±0,11	0,25	2,31	0,06	0,84	0,07	3,52	11,66	11,70±2,47	0,41	5,05		
	R	0,00	-4,96	-0,15	0,10	41,10	5,30	18,35±3,07	0,76	5,28	0,00	-4,96	-0,15	0,10	41,10	5,30	16,92±2,22	0,76	5,28	

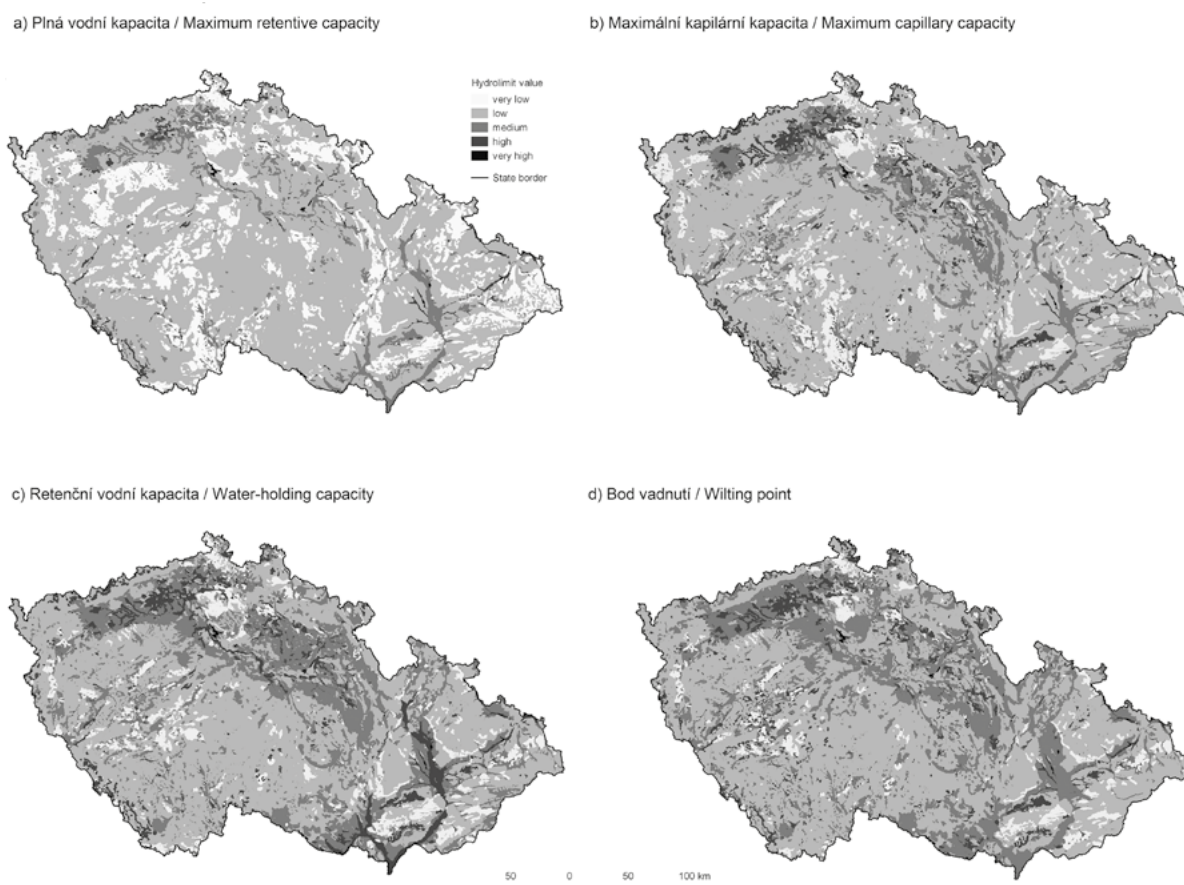
nízkých hodnot (obr. 3), PVK v podpovrchových horizontech dominovala > 45 % velmi nízkých hodnot a RVK více než 50 % velmi nízkých hodnot. Na druhou stranu velmi vysoké hodnoty byly četnější v podpovrchových horizontech než ve svrchních (obr. 4 a 5). Přitom střední intervaly hodnot hydrolimitů byly charakteristické nejnižšími korelacemi, zatímco korelace mezi krajními hodnotami byly nejvyšší. Obdobně rezidua mezi aproximovanými a měřenými hydrolimity byla větší ve svrchních půdních horizontech kromě úžlabní, fluvialní a pseudoglejové skupiny (tab. 4).

DISKUSE

Hydrolimity v kombinovaných typech georeliéfu a podloží byly výrazně vyšší v podpovrchových horizontech hydromorfních lesních půd než při povrchu, zatímco u lehkých anhydromorfních půd byly ve větší hloubce nižší. Distribuce hydrolimitů lesních půd byla významně závislá na obsahu jílu, C_{org} a fyzikálně-chemických vlastnostech. Statistická závislost naznačila, že půdní hydrolimity se mění s chemickým složením horizontu (cf. SAXTON, RAWLS 2006; VAVŘÍČEK et al. 2006; SAMEC et al. 2021).

Rozdělení fyzikálních a chemických půdních vlastností způsobily větší rozdíly mezi vododržnostmi horizontů než typologie reliéfu. Přesnost

odhadu vodní bilance půdy byla snížena charakteristikami vstupních dat (TÓTH et al. 2015). Zobecnění hydrických skupin půd do polygonů z překryvu typizovaného reliéfu a podloží několikanásobně zmenšilo rozptyl odhadnutých hydrolimitů než měřených v sondách. Zatímco limity svrchních horizontů u AHML půd byly systematicky nadhodnoceny, vodní limity AHMT a lužních půd byly podhodnoceny v obou sledovaných horizontech. Přesto pedotransferové funkce bývají v nasycené zóně půd přesnější než geostatistické odhady vododržnosti. Rozdíly mezi pedotransferovými funkcemi a krigováním náhodného lesa nepřesahují při mapování hydraulických vlastností přípustné odchylky. Odchylky systematicky zahrnují 65–86 % území mapovaného povodí (SZABÓ et al. 2019). Dosud nejpřesnější odhad půdní vododržnosti spočíval v analýze vlivů obsahu písku, prachu, jílu, C_{org} , $CaCO_3$, objemové hmotnosti a pH (TÓTH et al. 2015), který jsme upravili zohledněním KVK. Zohlednění KVK potvrdilo vlivy různé úživnosti na půdní vododržnost. Vliv půdní úživnosti na vododržnost se uplatnil díky diferencované kumulaci uhlíku. Interakce mezi půdní KVK a obsahem uhlíku zvýšily statistickou významnost navržených regresních modelů (YU et al. 2021). Přesto vícenásobné regrese jsou nejvíce zatíženy chybnými odhady, pokud kombinují lineární a nelineárně závislé proměnné. Chyby vícenásobných regresí jsou eliminovatelné složením modelu z jednoduchých lineárních a nelineárních regresí (SAXTON, RAWLS 2006).

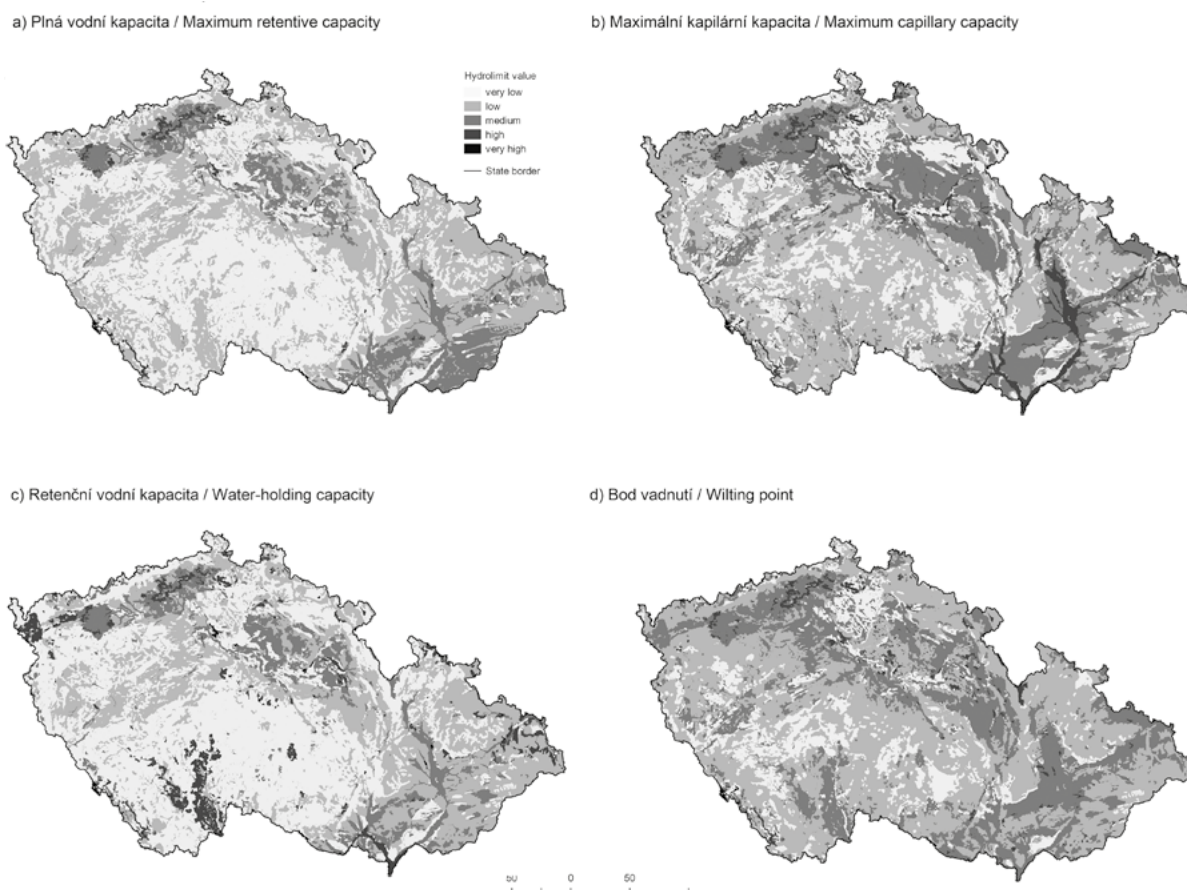


Obr. 3.

Asymetrická klasifikace odhadnutých hydrolimitů ve svrchních horizontech lesních půd v překryvu mezi typy georeliéfu a podloží na území České republiky

Fig. 3.

Asymmetric classification of moisture limits in forest topsoil horizons estimated at overlay between georelief and bedrock types on territory of the Czech Republic



Obr. 4.

Asymetrická klasifikace odhadnutých hydrolimitů v podpovrchových horizontech lesních půd v překryvu mezi typy georeliéfu a podloží na území České republiky

Fig. 4.

Asymmetric classification of moisture limits in subsurface horizons of forest soils estimated at overlay between georelief and bedrock types on territory of the Czech Republic

Tab. 4.

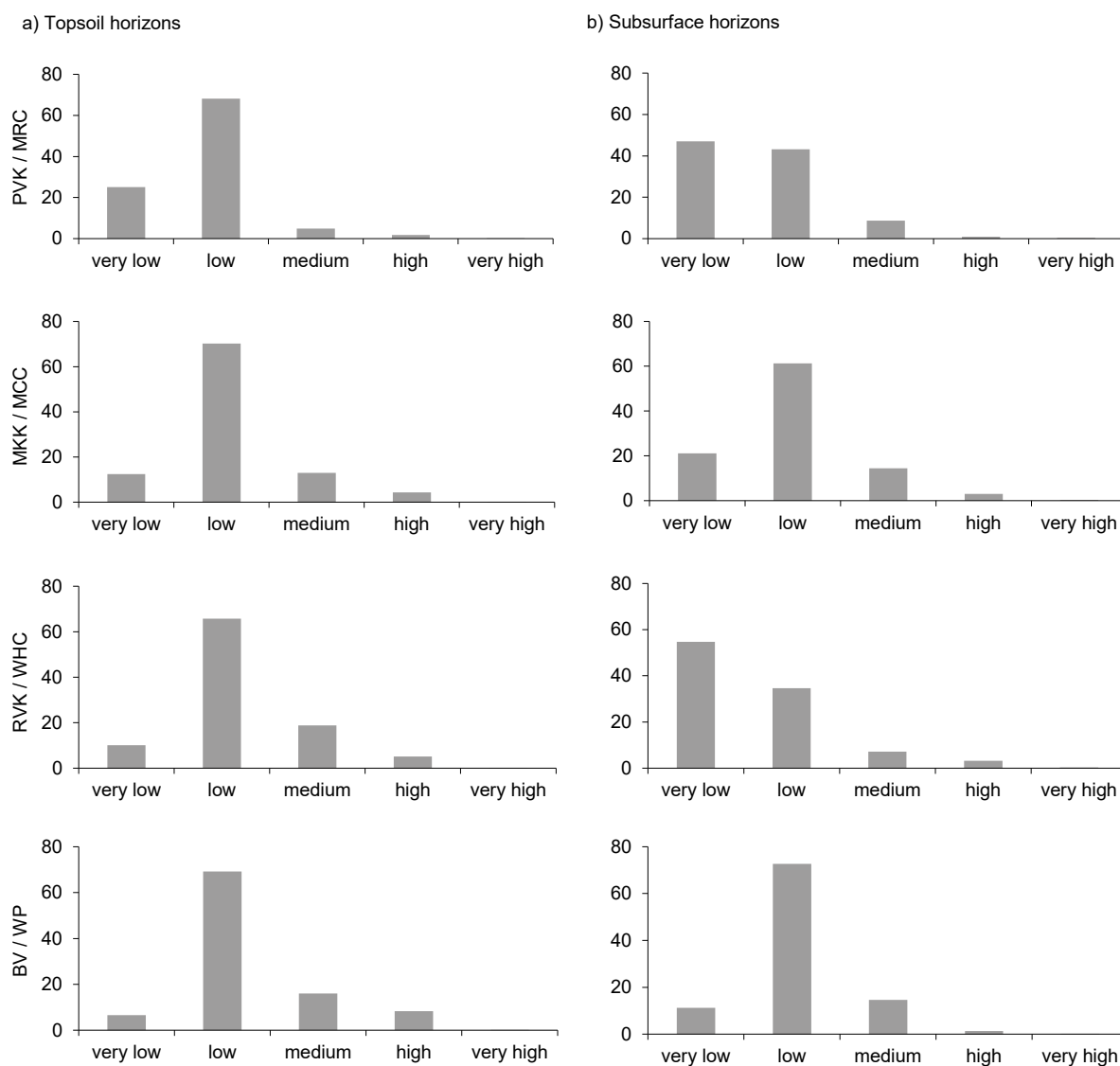
Součty čtverců reziduí mezi měřeními a odhadnutými hodnotami hydrolimitů (vysvětlivky v tab. 2) v horizontech hydrických skupin lesních půd (HSLP)

Residual square sums between measured and estimated values of moisture limits (for captions see Table 2) in horizons of the forest soil hydric groups (HSLP)

Horizont	HSLP	PVK	MKK	RVK	BV
Svrchní/ Topsoil	AHML	2256,16	2105,45	1703,17	500,79
	AHMT	429,27	411,23	344,22	84,85
	P>60	34,71	32,08	25,76	6,73
	P<30	103,68	99,97	84,96	18,92
	L	92,44	87,77	77,76	27,23
	V	105,13	100,13	80,24	22,91
	G	50,28	47,58	40,38	11,90
	R	82,08	78,70	64,86	19,87
Podpovrchový/ Subsurface	AHML	1702,40	1582,96	1261,62	372,94
	AHMT	333,62	315,85	269,10	77,13
	P>60	33,30	30,87	24,98	6,09
	P<30	96,23	95,73	88,33	16,98
	L	80,49	75,75	66,89	27,84
	V	95,71	90,94	74,03	23,21
G	46,29	43,23	38,41	10,38	

KVK se přirozeně liší mezi kyselými a živnými stanovišti, zatímco největší rozdíly půdního N_i a pH se nacházejí až v hloubkách > 40 cm. Protože obsahy živin a s nimi i KVK nejsou na kyselých stanovištích vystavených proměnlivým vnějším podmínkám dostatečně rychle doplňovány zvětráváním (ŠRÁMEK et al. 2013), poklesy obsahů makrobiogenních prvků následně způsobují pokles půdní vododržnosti. Nežádoucí pokles vododržnosti je tlumen pouze v horských polohách s dostatečnou zásobou C_{org} v půdní organické hmotě. C_{org} nelineárně přispívá k obsahu půdního jílu díky podílu koloidních zbytků (SHAAP et al. 2001). V horských polohách je C_{org} rovněž nezastupitelný při udržování KVK (VAŠÁT et al. 2021).

Proměnlivé půdní vlastnosti ovlivňují dostupnost vody pro rostliny. Vliv půdních vlastností na vláhu může být na jednotlivých stanovištích větší než vliv srážek řídících vodní bilanci v celých povodích. Půdní vláha rozděluje rozšíření lesních dřevin více než atmosférické srážky díky tomu, že obsah půdní vody ovlivňuje příjem fosforu rostlinami. Dopady distribuce půdní vláhy na výživu dřevin jsou však tlumeny celkovou zásobou fosforu v hluboce vyvinutých půdách, odkud může být čerpán i v malém množství z celého profilu (PIEDALLU et al. 2013). Nedostatek fosforu v převažujících mělkých lesních půdách není kompenzován, takže zejména horské lesy jsou citlivé na nevyrovnanou výživu (REJŠEK 1991). Riziko nevyrovnané



Obr. 5.

Zastoupení klasifikovaných odhadů hydrolimitů lesních půd na území České republiky (%); PVK – plná vodní kapacita; MKK – maximální kapilární kapacita; RVK – retenční vodní kapacita; BV – bod vadnutí

Fig. 5.

Proportion of classified moisture limit estimates of forest soils in the Czech Republic (%); MRC – maximum retentive capacity; MCC – maximum capillary capacity; WHC – water-holding capacity; WP – wilting point

výživy horských lesů je tlumeno dostatečnou vzdušnou vlhkostí a nízkým výparem. Druhá skladba rostlinného společenstva společně s půdní vododržností zpětnovězvětně rozděluje vodní bilanci ekosystému prostřednictvím rozdílného zachycování vody a distribuce kořenů (ŠÍPEK et al. 2020).

Závislosti hydrolimitů byly v podpovrchových půdních horizontech těsnější než ve svrchních. Distribuce korelací korespondovala s četností výskytů krajních hodnot půdních hydrolimitů, kdy velmi nízké i velmi vysoké hodnoty společně převažovaly v podpovrchových horizontech. Ačkoli hydrolimity ve svrchních půdních horizontech byly průměrně vyšší než v podpovrchových, jejich nižší korelace s chemickými vlastnostmi naznačily ovlivnitelnost nespécifickými vlastnostmi vnějšího prostředí. Vlastnosti svrchních půdních horizontů jsou nejvýznamněji utvářeny působením rostlin (PIEDALLU et al. 2013). Díky půdotvorné funkci rostlin se zdá, že zvýšení hydrolimitů je v podpovrchových horizontech trvale dosažitelné prostřednictvím růstu hluboce kořenících dřevin (KNAPP et al. 2008). Četnost výskytu jednotlivých druhů lesních dřevin je nejvýznamněji usměrňována dostupností živin, vody, půdní provzdušnosti a teplotou. Lužní dřeviny nebo světlo milné jehličnany se přirozeně šíří podél vyhovující půdní úživnosti, zatímco stín snášející porostotvorné dřeviny se přirozeně šíří v mezích vyhovujících teplot (WALTHERT et al. 2017). Strídání světlo milných a stínomilných dřevin je spouštěno kromě uvolnění niky rovněž podél půdních typů bez ohledu na úživnost (MODRÝ et al. 2004).

Vzhledem k závislosti na proměnlivých chemických vlastnostech souvisí ochrana vododržnosti lesních půd nejen s růstem hluboce kořenících dřevin, ale také s ochranou růstových podmínek (DZURÁKOVÁ et al. 2017). Správný odhad rozsahu a intenzity nezbytných ochranných opatření bude neefektivnější zakládat na modelování vododržnosti podpovrchových půdních horizontů.

ZÁVĚR

Hydrolimity lesních půd na území České republiky byly nejvýrazněji diferencovány mezi anhydromorfními a hydromorfními skupinami. Překryví mezi typy georeliéfu a podloží na lesních pozemcích ukázaly zastoupení 89,4 % anhydromorfních skupin půd, 5,5 % pseudoglejové skupiny, 1,4 % glejů a 3,8 % ostatních oglejených až rašeliništních půd. Lehké anhydromorfní půdy byly charakteristické poklesem hydrolimitů s hloubkou profilu, zatímco hodnoty hydrolimitů byly ve větší hloubkách u hydromorfních půd vyšší. Půdní hydrolimity byly výrazně závislé na obsahu jílu, C_{org} , pH/H_2O a kationtové výměnné kapacitě, nicméně ve svrchních horizontech méně než v podpovrchových. Průměrná retenční vodní kapacita dosahovala 29,9–45,1 % v anhydromorfních půdách, kdežto 32,7–52,7 % v pseudoglejích až glejích a > 60 % v rašeliništích. Bod vadnutí dosáhl v anhydromorfních půdách < 12 % objemové vlhkosti, zatímco v minerálních hydromorfních půdách 10,7–12,9 % vlhkosti a v rašeliništích > 16,9 % vlhkosti. Zvýšení hydrolimitů se jeví snáze dosažitelné v podpovrchových půdních horizontech stimulací proměnlivých obsahů C_{org} a KVK. Nižší závislosti hydrolimitů ve svrchních půdních horizontech naznačily ovlivnitelnost nespécifickými vnějšími činiteli vymezující soustředění ochrany půd. Rozdílné chemické vlastnosti mezi svrchními a podpovrchovými půdními horizonty naznačují změny vododržnosti v důsledku odchylek vnějších podmínek nebo využití ekosystémů.

Poděkování:

Tato studie vznikla díky podpoře z projektu Interní grantové agentury Mendelovy univerzity v Brně LDF_TP_2021006.

LITERATURA

- BALKOVÁ M., KUBALÍKOVÁ L., PROKOPOVÁ M., SEDLÁK P., BAJER A. 2021. Ecosystem services of vegetation features as the multifunction anti-erosion measures in the Czech Republic in 2019 and its 30-year prediction. *Agriculture*, 11 (2): 105. DOI: 10.3390/agriculture11020105
- BIRD M., ŠANTRŮČKOVÁ H., LLOYD J., VEENENDAAL E. 2001. Global soil organic carbon pool. In: Schulze E-D. et al. (eds.): *Global biogeochemical cycles in the climate system*. San Diego, Academic Press: 185–199.
- BUČEK A., MADĚRA P., ČERMÁK P., FRIEDL M., HOLUŠA O., JANKOVSKÝ L., KIRCHNER K., KRÁL K., MINX T., PLAŠIL P., SIMON J., VAVŘÍČEK D. 2004. Hodnocení stavu a dynamiky vývoje geobiocenóz v Národní přírodní rezervaci Praděd. Brno, Paido: 115 s. *Geobiocenologické spisy* 10.
- BURT R. (ed.) 2004. *Soil survey laboratory methods manual*. Washington, D. C., The Center: 700 s. *Soil Survey Investigations Report*, 42.
- COOLS N., DE Vos B. 2020. Sampling and analysis of soil. In: *Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*. Eberswalde, Thünen Institute of Forest Ecosystems: 29 s.
- CULEK M., BUČEK A., GRULICH V., HARTL P., HRABICA A., KOCIÁN J., KYJOVSKÝ Š., LACINA J. 2005. *Biogeografické členění České republiky II. díl*. Praha, AOPK ČR: 589 s.
- DEMPSTER M., DUNLOP P., SCHEIB A., COOPER M. 2013. Principal component analysis of the geochemistry of soil developed on till in Northern Ireland. *Journal of Maps*, 9: 373–389. DOI: 10.1080/17445647.2013.789414
- DZURÁKOVÁ M., OSIČKOVÁ K., UHROVÁ J., ROZKOŠNÝ M., SMELÍK L., NĚMEJCOVÁ D., ZAHŘÁDKOVÁ S., ŠTĚPÁNKOVÁ P., MACKŮ J. 2017. Potenciál aplikace přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině a zlepšení ekologického stavu vodních útvarů. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 59: 25–32.
- HLAVINKA P., TRNKA M., BALEK J., SEMERÁDOVÁ D., HAYES M., SVOBODA M., EITZINGER J., MOŽNÝ M., FISCHER M., HUNT E., ŽALUD Z. 2011. Development and evaluation of the SoilClim model for water balance and soil climate estimates. *Agriculture and Water Management*, 98: 1249–1261. DOI: 10.1016/j.agwat.2011.03.011
- HENGL T., JESUS J.M. DE, HEUVELINK G.B.M., GONZALEZ M.R., KILIBARDA M., BLAGOTIĆ A., SHANGGUAN W., WRIGHT M.N., GENG X., BAUER-MARSCHALLINGER B., GUEVARA M.A., VARGAS R., MACMILLAN R.A., BATJES N.H., LEENAARS J.G.B., RIBEIRO E., WHEELER I., MANTEL S., KEMPEN B. 2017. SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. *PLoS ONE*, 12: e0169748. DOI: 10.1371/journal.pone.0169748
- KNAPP A.K., BEIER C., BRISKE D.D., CLASSEN A.T., LUO Y., REICHSTEIN M., SMITH M.D., SMITH S.D., BELL J.E., FAY P.A., HEISLER J.L., LEAVITT S.W., SHERRY R., SMITH B., WENG E. 2008. Consequences of more extreme precipitation regimes for terrestrial ecosystems. *BioScience*, 58 (9): 811–821. DOI: 10.1641/B580908
- KUČERA A., SAMEC P., BAJER A., SKENE K.R., VICHTA T., VRANOVÁ V., MEENA R.S., DATTA R. 2021. Forest soil water in landscape context. In: Datta R., Meena R.S. (eds.): *Soil moisture importance*. London, InTechOpen: 72698.
- KUTÍLEK M., NIELSEN D.R. 2007. Interdisciplinarity of hydrogeology. *Geoderma*, 138: 252–260.

- LEVY G.J., EISENBERG H., SHAINBERG I. 1993. Clay dispersion as related to soil properties and water permeability. *Soil Science*, 155: 15–22.
- LIN H. 2006. Temporal stability of soil moisture spatial pattern and subsurface preferential flow pathways in the Shale Hills catchment. *Vadose Zone Journal*, 5 (1): 317–340. DOI: 10.2136/vzj2005.0058
- MACKOVČIN P., JANDERKOVÁ J., ŠEFRNA L., MACKŮ J., SÁŇKA M., TOMÁŠEK M., NOVÁK P. 2000. Systém komplexního hodnocení půd. Brno, AOPK.
- MACKŮ J., HOMOLOVÁ K. 2007. Pedogenetické asociace lesních půd ČR. 1 : 500 000. Brandýs nad Labem, ÚHÚL.
- MACKŮ J. 2014. Climatic characteristics of forest vegetation zones of the Czech Republic. *Journal of Landscape Ecology*, 7: 39–48. DOI: 10.2478/jlecol-2014-0020
- MARKOVÁ I., JANOUŠ D., PAVELKA M., MACKŮ J., HAVRÁNKOVÁ K., REJŠEK K., MAREK M.V. 2016. Potential changes in Czech forest soil carbon stocks under different climate change scenarios. *Journal of Forest Science*, 62: 537–544.
- MODRÝ M., HUBENÝ D., REJŠEK K. 2004. Differential response of naturally regenerated European tree species to soil type and light availability. *Forest Ecology & Management*, 188: 185–195. DOI: 10.1016/j.foreco.2003.07.029
- NĚMEČEK J., MÜHLHANSELOVÁ M., MACKŮ J., VOKOUN J., VAVŘÍČEK D., NOVÁK P. 2011. Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. Praha, ČZU: 94 s.
- PECHÁČEK J., VAVŘÍČEK D., SAMEC P. 2011. Soil environment and nutrient status of Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.) underplantings in conditions of the 8th FAZ in the Hrubý Jeseník Mts. *Journal of Forest Science*, 57: 141–152.
- PECHANEC V., CUDLÍN P., MACHAR I., BRUS J., KILIANOVÁ H. 2020. Modelling of the water retention capacity of the landscape. In: Zelenakova M. et al. (eds.): *Assessment and protection of water resources in the Czech Republic*. Cham, Springer, Cham: 225–248.
- PHILLIPS J.D., PERRY D., GARBEE A.R., CAREY K., STEIN D., MORDE M. B., SHEEHY J.A. 1996. Deterministic uncertainty and complex pedogenesis in some Pleistocene dune soils. *Geoderma*, 73: 147–164. DOI: 10.1016/0016-7061(96)00038-9
- PHILLIPS J.D. 2000. Signatures of divergence and self-organization in soils and weathering profiles. *The Journal of Geology*, 108: 91–102. DOI: 10.1086/314386
- PIEDALLU C., GÉGOUT J.-C., PEREZ V., LÉBOUGEÓIS F. 2013. Soil water balance performs better than climatic water variables in tree species distribution modelling. *Global Ecology and Biogeography*, 22 (4): 470–482. DOI: 10.1111/geb.12012
- REJŠEK K. 1991. Acid phosphomonoesterase activity of ectomycorrhizal roots in Norway spruce pure stands exposed to pollution. *Soil Biology & Biochemistry*, 23: 667–671. DOI: https://doi.org/10.1016/0038-0717(91)90081-T
- RYEL R.J., IVANS C.Y., PEEK M.S., LEFFLER J. 2008. Functional differences in soil water pools: a new perspective on plant water use in water-limited ecosystems. In: Lüttge U. et al. (eds.): *Progress in botany*. Berlin, Springer: 397–422.
- RYCHTECKÁ P., ROSÍKOVÁ J., SAMEC P. 2020. Trofické a hydrické řady lesních půd v nivě přirozeného podhorského šterkonosného toku Morávky ve Vnějších Západních Karpatech. In: Balková M. et al. (ed.): *Dny o Zemi... o půdě a krajině*. Sborník konference. Brno, Mendelova univerzita v Brně: 90–114.
- SAMEC P., URBAN J., KISZA L. 2005. Vybrané efekty biologické meliorace ve vztahu k půdním fyzikálním vlastnostem. In: Neuhöferová P. (ed.): *Místo biologické meliorace v obnově lesních stanovišť*. Sborník z konference. Kostelec nad Černými lesy, 17. 02. 2005. ČZU Praha. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy: 67–76.
- SAMEC P., VAVŘÍČEK D., ŠIMKOVÁ P., PŇÁČEK J. 2007. Multivariate statistics approach for comparison of the nutrient status of Norway Spruce (*Picea abies* /L./ Karst.) and top-soil properties in differently managed forest stands. *Journal of Forest Science* 53: 101–112.
- SAMEC P., VAVŘÍČEK D., KUČERA A. 2008. Povodně a hydrické potenciály lesních půd v Moravskoslezském kraji. In: Samec P. (ed.): *Změny klimatu a lesnictví*. Praha, ČZU v Praze: 91–124.
- SAMEC P., VAVŘÍČEK D., KOBLÍŽKOVÁ V., KYNICKÝ J. 2009. Ohrožení a obnova přeměn půdního dusíku. Praha, ČZU: 121 s.
- SAMEC P., VAVŘÍČEK D., BOJKO J., ŽID T. 2010. Soil component vectors in the southwestern Silesian Beskids. *Electronical Journal of Polish Agricultural Universities*, 13 (2): #14.
- SAMEC P., KUČERA A., REJŠEK K. 2014. Soil heterogeneity reflected in biogeography of beech forests in the borderland between the Bohemian Massif and the Outer Western Carpathians. *Ekológia (Bratislava)*, 33: 321–343.
- SAMEC P., VOŽENÍLEK V., VONDRÁKOVÁ A., MACKŮ J. 2018. Diversity of forest soils and bedrock in soil regions of the Central-European highlands (Czech Republic). *Catena*, 160: 95–102. DOI: 10.1016/j.catena.2017.09.007
- SAMEC P. 2020. Geografická závislost dřevinné skladby lesů a půdních vlastností během environmentální změny. Brno, Mendelova univerzita v Brně: 115 s. ISBN 978-80-7509-703-3 (on-line)
- SAMEC P., VOLÁNEK J., BAJER A. 2021. Indication of natural boreo-continental pine sites through discrimination analysis of the soil biochemical and water-holding properties. *Ekológia (Bratislava)*, 40: 25–36.
- SAXTON K.E., RAWLS W.J. 2006. Soil water characteristics estimates by texture and organic matter for hydrologic solutions. *Soil Science Society of America Journal*, 70: 1569–1578. DOI: 10.2136/sssaj2005.0117
- SEDLÁČEK J., JANDERKOVÁ J., ŠEFRNA L. 2009. Půdní asociace. 1: 500 000. In: Hrcíanová T. et al. (ed.): *Atlas krajiny České republiky*. Praha, MŽP ČR; Průhonice, VÚKOZ: 134–135.
- SHAAP M.G., LEIJ F.J., VAN GENUCHTEN M.T. 2001. ROSETTA: a computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions. *Journal of Hydrology*, 251: 163–176. DOI: 10.1016/S0022-1694(01)00466-8
- SLABÝ R., PĚNIČKA L. 1998. Oblastní plány rozvoje lesů, nástroj státní lesnické politiky – 2. část. *Lesnická práce*, 77: 212–213.
- SZABÓ B., SZATMÁRI G., TAKÁCS K., LABORCZI A., MAKÓ A., RAJKAI K., PÁSZTOR L. 2019. Mapping soil hydraulic properties using random-forest-based pedotransfer functions and geostatistics. *Hydrology and Earth System Sciences* 23 (6): 2615–2635. DOI: 10.5194/hess-23-2615-2019
- ŠACH F., ČERNOHOUS V. 2015. Hydraulický lift buku pro smrk: potenciálně významný ekosystémový proces pro pěstování smrkových porostů v souvislosti s klimatickou změnou oteplování. *Zprávy lesnického výzkumu*, 60: 53–63.

- ŠACH F., ŠIŠÁK L., ČERNOHOUS V., ŠPULÁK O. 2018. Postupy oceňování půdoochranné funkce lesa prostřednictvím nákladů kompenzace při převodu lesních pozemků na pozemky nelesní. Zprávy lesnického výzkumu, 63: 120–128.
- ŠÁLY R. 1978. Půda základ lesnej produkcie. Bratislava, Príroda: 235 s.
- ŠÍPEK V., HNILICA J., VLČEK L., HNILICOVÁ S., TESAŘ M. 2020. Influence of vegetation type and soil properties on soil water dynamics in the Šumava Mountains (Southern Bohemia). Journal of Hydrology, 582: 124285. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2019.124285
- ŠRÁMEK V., JURKOVSKÁ L., FADRHOUSOVÁ V., HELLEBRANDOVÁ-NEUDERTOVÁ K. 2013. Chemismus lesních půd ČR podle typologických kritérií – výsledky monitoringu lesních půd v rámci projektu EU „BioSoil“. Zprávy lesnického výzkumu, 58: 314–323.
- ŠVIHLA V., ŠACH F., KACÁLEK D., ČERNOHOUS V. 2007. Vyhodnocení hydropedologického průzkumu na experimentálním lesohydrologickém objektu Deštná stráž v Orlických horách. Zprávy lesnického výzkumu, 52: 27–36.
- ŠVIHLA V., ČERNOHOUS V., ŠACH F., KANTOR P. 2012. Hydrologický režim mladých porostů smrku a buku ve vegetačním období na experimentální ploše v Orlických horách. Zprávy lesnického výzkumu, 57: 21–26.
- TÓTH B., WEYNANTS M., NEMES A., MAKÓ A., BILAS G., TÓTH G. 2015. New generation of hydraulic pedotransfer functions for Europe. European Journal of Soil Science, 66 (1): 226–238. DOI: 10.1111/ejss.12192
- TRENBERTH K.E., SMITH L., QIAN T., DAI A., FASULLO J. 2007. Estimates of the global water budget and its annual cycle using observational and model data. Journal of Hydrometeorology, 8 (4): 758–769. DOI: 10.1175/JHM600.1
- VALTERA M., VOLÁNEK J., HOLÍK L., PECINA V., NOVOTNÁ J., SLEZÁK V., JUŘIČKA D. 2021. The influence of forest management and changed hydrology on soil biochemical properties in a Central-European floodplain forest. Forests, 12 (3): 270. DOI: 10.3390/f12030270
- VÁŠÁT R., KOMPRDOVÁ K., NEUDERTOVÁ HELLEBRANDOVÁ K., ŠRÁMEK V., BORŮVKA L., SÁŇKA M., SÁŇKA O., FADRHOUSOVÁ Š., ČECHMÁNKOVÁ J. 2021. Zásoby prvků v nadložním organickém horizontu lesních půd a zásoby uhlíku v celém půdním profilu (soubor map 1 : 2 000 000). Strnady, VÚLHM: 25 s.
- VAVŘÍČEK D., KUČERA A. 2017. Základy lesnického půdoznalství a výživy lesních dřevin. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 362 s.
- VAVŘÍČEK D., ŠIMKOVÁ P., SAMEC P., FORMÁNEK P. 2006. Soil aspects of forest site revitalization after windrow cultivation by heavy mechanization on the Krušné hory Mts. Plateau. Journal of Forest Science, 52: 1–12.
- VAVŘÍČEK D., ULRICH R., KUČERA A. 2014. Ochrana půdy v těžebně dopravní činnosti. Brno, Mendelova univerzita v Brně: 99 s.
- VOLÁNEK J. 2017. Microbial and enzymatic activity of soil in carbon forestry. In: Čermáková V. et al. (ed.): SilvaNet – WoodNet 2017. Proceedings abstracts of student scientific conference. November 29, 2017 Brno. Brno, Mendel University in Brno: 79–80.
- VYSKOT I., KAPOUNEK L., KREŠL J., KUPEC P., MACKŮ J., ROŽNOVSKÝ J., SCHNEIDER J., SMÍTKA D., ŠPAČEK F., VOLNÝ S. 2003. Kvantifikace a hodnocení funkcí lesů České republiky. Praha, MŽP ČR: 186 s.
- WALTHERT L., MEIER E.S. 2017. Tree species distribution in temperate forests is more influenced by soil than by climate. Ecology and Evolution, 7 (22): 9473–9484. DOI: 10.1002/ece3.3436
- WANG Y.Q., SHAO M.A., LIU Z.P., WARRINGTON D.N. 2012. Regional spatial pattern of deep soil water content and its influencing factors. Hydrological Sciences Journal, 57: 265–281. DOI: 10.1080/02626667.2011.644243
- YU D., HU F., ZHANG K., LIU L., LI D. 2021. Available water capacity and organic carbon storage profiles in soils developed from dark brown soil to boggy soil in Changbai Mountains, China. Soil & Water Research, 16 (1): 11–21. DOI: 10.17221/150/2019-SWR

THE WATER-HOLDING ABILITY OF FOREST SOIL HYDRIC GROUPS IN THE CZECH REPUBLIC

SUMMARY

Relationships between hydrophysical and chemical properties indicate limits in soil water availability for plants. Nevertheless, they have not been investigated in more detail yet at large-area landscape systems, where suggest adaptability to climate change. Our study aimed at obtaining soil moisture limits (hydrolimits) through application of multiple regression from grain size and chemical properties between point field and hydric group polygons. The point field was composed from 615 soil pits sampled during case studies in 32 natural forest areas of the Czech Republic (Fig. 1; Tab. 1). Forest soil hydric groups were obtained by re-classification of soil types according to approaches by Nature Conservation Agency of the CR. The typification of soil hydric groups at forest site polygons was used for overlays between georelief and bedrocks, which proportions were the most similar with abundances of the groups at point field (Fig. 2).

The forest soils investigated hydrophysically have included more than 73.5% of types from various growth condition divisions on territory of the CR. Forest soil associations were characterized by sampling at least, while 92.8% from target management units were included. Most of the pits were located on broken plateaus (19.5%), at narrow floodplains (18.9%), slopes (14.6%), valleys (11.0%) or on ridges (10.5%) mainly from acid metamorphites (18.7%), stony floodplain deposits (16.9%) or from sandy flysch (11.1%). Relief included 43% of variance among totally represented types and numbers of sampled soils. Bedrock explained more than 36% of variance between typification and sampling, but soil associations and MPs included < 36 % of variance despite higher significance level.

Light anhydromorphic soils included almost 80.4% of forests, while heavy soils occurred in less than 9% of forests. Stagnosols included almost half of all waterlogged sites (5.5% of forests), while gleyed soil types included only 1.9%, fluvial 1%, valley less than 0.3%, Gleysols 1.4% and Histosols 0.6% of forests. Soil hydrolimits were significantly dependent on clay content, C_{org} , pH/H₂O and cation exchange capacity (CEC). The light anhydromorphic soils were characteristic by hydrolimit decrease with a profile depth, while hydrolimit values were higher at greater depths of hydromorphic soils (Fig. 3 and 4). The hydrolimit dependences were closer at subsurface soil horizons than at topsoil. The distribution of correlations corresponded with evidences of soil hydrolimit marginal value abundances, where very low and very high together predominated at subsurface horizons (Tab. 4; Fig. 5). Mean water-holding capacity was 29.9–45.1% at anhydromorphic soils, while 32.7–52.7% from Stagnosols to Gleysols, and > 60% in moorlands. The wilting point reached < 12% of bulk moisture, while 10.7–12.9% of moisture at mineral anhydromorphic soils, and > 16.9% of moisture in moors (Tab. 3). Lower dependences of hydrolimits in topsoil horizons suggested influence-ability by unspecific external causes definiting concentration of soil protection. At the same time, the increase of hydrolimits seems accesible easily at subsurface soil horizons by stimulation of variable contents of the C_{org} and CEC. The dependence of hydrolimits on chemical properties connects protection of forest soil water-holding ability not only with deep-rooting tree-species growth, but also with conservation of grow conditions. Correct estimate of necessary protective measure extent and intensity will be the most effective to base on models of soil subsurface horizon water availability.

Zasláno/Received: 31. 05. 2022

Přijato do tisku/Accepted: 05. 10. 2022