

Pedologická charakteristika vybraných lokalit SZ Madagaskaru

The pedological characteristics of the selected localities of the NW Madagascar

Jitka Stehlíková¹

^{1/} Panenský Týnec 35, 439 05 Panenský Týnec, ČR, Stehlikova.Jitka@seznam.cz

Key words: Madagascar, pedology, soil, field research, chemical analysis.

Abstract. This work deals with pedology of NW Madagascar. Soil is important element in landscape. It is the reason, why I chose pedology as a topic of my project. The study was focused to the determination of the soil type and discovering of basic chemical and physical traits of soils. The samples were taken away alongside of the guideway of the expedition "Baobab 2006". I chose six interesting ranges, where I took away 16 samples together. The Samples was tested for acidity, content of carbonates in soils, humidity, color and structure. Madagascar soils are neutral or sometimes slightly acid (pH 6,5-7,5). Content of carbonates in soil is dependent upon locality, because we observed all degrees from tables during the way. Madagascar soils are mainly dry and they have gut structure. I thing, that pedology of Madagascar is interesting and people should study this topic more.

Úvod

Země je kryta vzduchem, vodou a půdou – tím se liší od ostatních známých planet. Tyto tři složky jsou podmínkou k udržení života. Půda je jedinečná tím, že v ní na sebe působí atmosféra, litosféra, biosféra a hydrosféra, jejichž vzájemné vztahy ovlivňují biochemické cykly základních živin. Proto je podle Bradyho a Weila (2002) půda jedním z nejdůležitějších přírodních zdrojů. Je to podstata pozemské ekologie a porozumění půdnímu systému je klíčem k úspěšnému dosažení harmonie mezi životním prostředím a člověkem při jejím využívání.

Podle Pavla (1984) není jednoduché nalézt stručnou a jednoduchou definici půdy. Obecně platí, že se jedná o nejsvrchnější porézní vrstvu pevné zemské kůry, která je složená z minerálních částic různé velikosti, živých organismů, odumřelých zbytků a organických látek v různém stadiu rozkladných a syntetických přeměn a je prostoupěna vodou a vzduchem. Díky působení vnitřních a vnějších činitelů se neustále rozvíjí a mění. Půda prochází celým vývojovým řetězcem (katénou), který začíná čerstvou horninou a surovým odpadem a končí vyzrálým stadiem (klimaxem), kde je v rovnovážném stavu s podmínkami stanoviště, v nichž se vyvíjela (Smolíková, 2004).

Pedologická stavba Madagaskaru

Madagaskar je zpravidla zkoumán pro svou jedinečnost fauny a flory. Pedologií tohoto ostrova se zabývají vědci v souvislosti se zúrodňováním hospodářsky využívaných oblastí. Pro popis pedologie Madagaskaru byl použit systém FAO (Word Reference Base of Soils) (Mentlík 2004).

Ostrov je z větší části pokrýván **oxisoly**. Vyskytují se podél celého východního pobřeží a zasahují až na centrální vrchovinu. Jsou to velmi staré, hluboce zvětralé půdy, které se vyvíjejí ve vlhkém rovníkovém podnebí, kde se vyskytuje velký nadbytek půdní vody nebo jsou rozšířené také ve střídavě vlhkém klimatu savan s výrazným sezónním nadbytkem vody. Chemické zvětrávání za přítomnosti vyšších teplot a vysokého úhrnu srážek tvoří tyto půdy bohaté na sesquioxidy železa a hliníku. Na druhou stranu jsou chudé na živiny, což je způsobeno velkým počtem rozkladačů a vegetací, která ihned odčerpává živiny z půdy. Proto nejsou tyto půdy vhodné pro zemědělské využívání. Pokud dojde ke ztrátě vegetace, jsou náchylné k erozi. Oxisoly mají červenou, žlutou nebo žluto-hnědou barvu. U tropických a subtropických půd platí, že půdy jsou zbarvené do žluta (stále vlhké klima) nebo do červena (půda periodicky vysychá) (volně podle Rittersa 2006 a Bradyho, Weila 2002) .

Druhým nejzastoupenějším typem jsou **entisoly**. Jedná se o velmi rozmanitou skupinu půd vyskytujících se v extrémně suchých oblastech. Na Madagaskaru je nalezneme při východním pobřeží od jižního cípu ostrova až po 15° j.š. Nedostatek vody a vegetace inhibuje přetváření půdy. Entisoly jsou málo vyvinuté minerální půdy bez charakteristických vnitřních diagnostických horizontů. K akumulaci jejich materiálu došlo působením recentních procesů. Často je zde přítomen ochrčlý epipedon (povrchový horizont s nízkým obsahem uhlíku, velmi světlé barvy) v menší míře se setkáme s entropickým epipedonem (na obdělávaných a hnojených půdách). Jsou charakteristické rozmanitostí jak z environmentálního hlediska, tak i krajinného využití. Produktivita půdy je závislá na podmínkách vzniku. Pokud se jedná o půdy formující se na naplaveninách, je produktivita velmi vysoká. Naopak nízká produktivita je u entisolů, jenž vznikly na vátych píscích či příkrých skalnatých svazích (volně podle Mentlíka 2004, Pavla 1984 a Bradyho, Weila 2002).

Další, již méně zastoupenou skupinou jsou **inceptisoly** - mladé půdy se slabě vyvinutými horizonty. Jejich minerální složení umožňuje další vývoj působením zvětrávacích procesů. Je to skupina hnědých půd – kambizemí. Tvoří pás táhnoucí se středem ostrova od jihu k severu. Jsou značně významné v horských oblastech tropického podnebí. Produktivita se může podstatně měnit (volně podle Mentlíka 2004, Rittersa 2006, Pavla 1984 a Bradyho, Weila 2002).

Nezanedbatelnou skupinou jsou **ultisoly**. Tyto půdy jsou velice podobné oxisolům, jak vzhledem, tak i vývojem. Barva ultisolů je načervenalá až nažloutlá. Oproti oxisolům u nich nacházíme B argillic (jílovitý) horizont obohacený iluviální činností o jíly. V některých oblastech se v ultisolech vyskytuje horizont bohatý na sesquioxidy (způsobují sytě rudé zbarvení). Tento horizont se pak nazývá **lateritický** (volně podle Mentlíka, Pavla 1984 a Bradyho, Weila 2002).

Laterity se vyskytují především v centrální části náhorní pahorkatiny, která je odlesněná a erozní činnost nastupuje intenzivní eroze, tzv. lavaka. Laterit je materiál poměrně pevný, ale zároveň porézní a voda jím dobře prostupuje. Svahy zvětralé do velkých hloubek proto mohou zadržet obrovské množství vody, a tak ani při prudkých a déletrvajících deštích nestéká žádná voda po povrchu. To je důležité, neboť právě roňový zářez je nezbytnou podmínkou k rozvoji lavaky. Je-li laterit vystaven slunečním paprskům, stává se mnohem kompaktnějším a tvrdším a póry se ucpávají jemnými jílovitými částicemi. Do lateritu zpevněného sluncem se poté voda vsakuje jen velmi obtížně a stéká po povrchu. Při odlesnění je laterit problematický ve zpevněném i nezpevněném stavu, neboť jakmile prosákne vodou a změkne, je extrémně náchylný k vodní erozi. Je to dáno tím, že jej tvoří velmi malé částice a koloidy, které se po vyplavení z původního místa velmi snadno uvolňují (Hošek 2005).

Alfisoly se formují spíše v chladnějším a sušším podnebí. Vyskytují se při západním pobřeží ostrova. Často je nacházíme pod opadavými lesy či savanou. Vyvinutý B horizont je iluviální a koncentrují se v něm jílové minerály, které jsou schopné zadržovat vápník a hořčík,

a sesquisoxidy. Tyto půdy jsou poměrně bohaté na báze a jsou zemědělsky relativně hodně produktivní a značně rozšířené.

Na jihu Madagaskaru se vyskytuje malá oblast pokrytá **aridisoly**, což jsou půdy aridního klimatu s nízkým obsahem organického materiálu. Zpravidla jsou zde vyvinuté horizonty vzniklé **akumulací solí**. Jedinou vegetací, která se v této oblasti vyskytuje je trnitý buš (volně podle Mentlíka 2004, Pavla 1984 a Bradyho, Weila 2002).

Salisol je půda s výraznou akumulací solí v půdním profilu. Zasolování je vyvoláno buď opakovaným kapilárním zdvihem, nebo zaplavováním povrchu půdy vodou bohatou na soli. Soli se odpařováním vody hromadí v půdě, nejvíce pak na jejím povrchu. Takové půdy jsou jílovitohlinité až jílovité, málo provzdušené. Biologická aktivita je nízká (volně podle Mentlíka 2004).

Materiál a metody

Studované vzorky půd byly sbírány v průběhu celé trasy expedice „Baobab 2006“. Celkem jsem odebrala 16 vzorků. Čtyři vzorky byly odebrány v rezervaci Baie de Baly – na travnaté ploše savanovitého typu s občasným porostem palem rodu *Bismarckia*, na solisku, v mokřadu (v letním období takřka vyschlém) a porostlém vysokými travami a v poloopadavém lese. Vzorek č. 5 byl odebrán u jezera Kinkony. Další dva rozborů byly provedeny v NP Ankarafantsika, kvůli porovnání byla vybrána dvě zcela odlišná místa – suchý polopadavý les a okraj lavaky. Poté byly odebrány dva vzorky na ostrově Nosy Be, kvůli porovnání pochází jeden z primárního a druhý ze sekundárního pralesa. Další dva vzorky pocházejí z rezervace Ankarana – první z nich byl odebrán mezi vápencovými škrapy nazývanými tsingy, druhý na přirozené savaně. Poté následuje pět vzorků z NP Montagne d'Ambre, které byly získány z různých částí parku. První vzorek pochází z kopce Grand Moulin, následují dva odběry z okolí vodopádů u tábora (z každé strany kopce 1 vzorek – kvůli srovnání). Předposlední je vzorek z hory Montagne d'Ambre a nakonec vzorek z travnaté plochy u posvátného jezera pod horou Montagne d'Ambre.

Na ověřování výskytu půdních typů nebyl v průběhu expedice dostatek času, proto jsem se při mém výzkumu zaměřila především na základní mechanické a fyzikální vlastnosti půd a srovnávání vlastností půd na jedné lokalitě s různou vegetací. Výzkum se týkal půdního horizontu A, což je podle Rajcharda a kol. (2002) povrchový horizont složený z rozloženého amorfního organického materiálu, který je promíchán s minerálními částicemi. Většinou má tmavší zbarvení než hlubší B horizont. Z chemických vlastností jsem zjišťovala půdní reakce (pH) a obsah uhlíkatů. Fyzikální vlastnosti jsem určovala pomocí zraku, hmatu a pravítka. Jedná se o následujících 5 vlastností – barva, struktura, vlhkost a druh půdy a změření výše humusové vrstvy.

Půdní reakce či také kyselost půdy je označována číslem pH, což je záporný logaritmus koncentrace vodíkových iontů. Prakticky se stanovuje jako pH výměnné nebo aktivní. V tomto případě bylo měřeno aktivní pH. Aktivní kyselost je způsobena volnými oxoniovými kationy H_3O^+ a projevuje se již ve vodném výluhu z půdy. Pro samotné měření jsem používala univerzální indikátor (pH papírky) (Tesařík 1971).

Stanovení obsahu uhlíkatů v půdě jsem prováděla jednoduchým pokusem. K malému množství odebraného půdního vzorku jsem přidala několik kapek roztoku kyseliny citrónové (v laboratorních podmínkách se používá HCl). Po několika minutách jsem sledovala projev reakce, který svědčí o obsahu karbonátů v půdě. Ty se kyselinou rozkládají za vzniku oxidu uhličitého, který způsobuje šumění. Podle intenzity šumění lze určit množství přítomných uhlíkatů. K vyhodnocení vypracoval Tesařík (1971) základní kategorie: žádné či sotva

znatelné šumění – obsah uhličitánů < 0,3%, slabé šumění – 0,3-1 % uhličitánů, zřetelné šumění – 1-5% uhličitánů, při intenzivním dlouhodobém šumění lze usuzovat na množství uhličitánů > 5%.

Barva půdy je důležitou charakteristikou při popisu půdního profilu. Vztahuje se k individuálním diagnostickým horizontům. V povrchových humusových horizontech je rozhodujícím činitelem obsah organické hmoty, v podpovrchových a substrátových horizontech je to pak přítomnost minerálů a oxido-redukční podmínky. Stanovení barvy je vizuální, většinou se používá přirovnání barvy k obecně známým barvám např. cihlová, kakaová... Podle barvy půdy lze odhadnout obsah organické hmoty v půdě (Pavel 1984, Lucas 2004).

Základem půdní struktury jsou agregáty, které vznikají shlukováním bakterií a jílových částic s houbovými vlákny, hrubšími minerálními částicemi a nerozloženými zbytky rostlin. V agregátech jsou jemné póry, do kterých může pronikat jak voda, tak vzduch. Na konglomeraci jednotlivých částic do jednoho agregátu se podílejí organické látky a oxidy železa nebo křemíku, a podle jejich zastoupení a kvality se mění i stabilita agregátu. Nestabilní agregáty jsou ve vodě rychle rozpuštělné a půda má špatnou strukturu – snadno se slévá a vytváří škraloupky nepropustné pro vodu a vzduch, což je nevhodné pro rozvoj organismů. Naopak půdy se stabilní strukturou jsou dobře propustné pro vodu i vzduch a odolné proti utužení, tím umožňují rozvoj organismů (Rajchard a kol. 2002). Stanovení struktury půdy se provádí vizuálně, k vyhodnocení lze využít i milimetrový papír, přičemž nejdůležitějšími vlastnosti jsou procentuální zastoupení a struktura (agregátů).

Vlhkost půdy se rozumí obsah vody v půdě za daných okolností vyjádřený v procentech. Obsah vody v půdě značně kolísá vlivem působení vodních srážek, slunečního záření, účinku větru a odčerpávání vody rostlinami. Proto má zjištěný údaj časově omezenou platnost. V tomto případě jsem použila nepřímé stanovení, při kterém se stupeň vlhkosti odvozuje z posuzování půdních vlastností (Pavel 1984). Vlhkost půdy lze posoudit orientačně podle vzhledu a podle pocitu, který vyvolává zemina na suchou ruku. K vyhodnocení slouží Novákova stupnice vlhkosti.

Půdy se rozlišují na základě textury a zrnitostního složení do tří skupin na půdy lehké, střední a těžké. Často se však pojem střední druh půdy vynechává a pracuje se pouze s půdami těžkými či lehkými. Pro lepší rozdělení se tyto kategorie rozděluje ještě na podskupiny. Půdy s nejhrubší texturou jsou lehké – písčité, převládají v nich minerální částice větší než 2 mm. Naopak na druhé straně stupnice stojí půdy s nejjemnější texturou, které se nazývají jílovité. Vyznačují se převahou minerálních částic menších než 0,002 mm. Středním typem jsou půdy, kde převládají částice o velikosti 0,02 mm, ty se nazývají hlinité. Každý z těchto druhů má své vlastnosti. Písčité půdy snadno rychle vysychají a jsou chudé na živiny, naopak jílovité půdy se snadno zamokří a váží dostatek živin, ale jsou náchylné na utužení a rostliny mají pak nedostatky kyslíku (Rajchard a kol. 2002). Stanovení půdního druhu jsem prováděla tímto způsobem. Mezi prsty jsem vzala špetku zeminy, kterou jsem navlhčila a třela mezi palcem a ukazováčkem tak dlouho, než se všechny stmelené půdní částičky rozetřely. Lehká půda obsahuje převážně písek, ve střední půdě je přibližně stejné množství písku a rozpuštělných částic, těžká půda obsahuje většinu rozpuštělných částic. Podle vizuálního hmatového vjemu jsem pak vzorek zařadila do druhu podle kategorizace dle Tesařky (1971).

Humusová vrstva je vrstva všech neživých organických látek nahromaděných v půdě a to buď v čistém stavu či ve spojení s minerální hmotou. Množství humusu ovlivňuje úrodnost. Tropické půdy trpí často nedostatkem humusu, neboť koloběh živin zde probíhá mnohem rychleji než v podmínkách mírného pásma. Tento fakt způsobuje tmavší zbarvení horních vrstev půdy oproti hlubší B horizontu. Čistý humus má buď černou nebo hnědou barvu. Výšku humusové vrstvy jsem měřila pomocí pravítka.

Výsledky

Na lokalitě Baie de Baly jsou půdy slabě kyselé - pH se pohybuje v rozmezí 5,5-6,5. Barva půd přechází od šedé přes hnědočernou až po černou. Humus se vyskytuje pouze ve slabé vrstvě od 0-5 cm. Nejvyšší humusová vrstva byla naměřena v mokřadu, naopak na solisku se tato vrstva vůbec nevyskytovala. Půdy byly strukturní (zrnité) na třech lokalitách – travnaté ploše savanovitěho typu (půdní druh hlinito-písčité), na solisku (půdní druh písčito-hlinité) a poloopadavěho lesa (půdní druh hlinito-písčité). Středně strukturní byla lokalita mokřadu, kde byla půda jílovito-hlinitá. Uhlíčitany se zde vyskytují do 1% obsahu, jen na mokřadu byl zjištěn více než 5% obsah. Díky místnímu suchému klimatu byly půdy převážně suché či vlhké, ale ve výjimečných případech byly i vlhké.

Břehy jezera Kinkony pokrývá hnědá jílovitá půda s neutrálním pH. Jen přímo v kontaktu s vodou se setkáme i s písčky. Půda byla strukturní hrudkovitá s vysokým obsahem uhličitánů 1-5% obsahu. Z hlediska vlhkosti byla vyprahlá.

NP Ankarafantsika potvrzuje domněnku, že po odlesnění je půda náchylná k erozi. Mimo oblasti pralesa dochází ke vzniku lavak. Pedologicky se jedná o cihlové až červenohnědé ultisoly. Mají slabě kyselé (poloopadavý les) až neutrální pH (lavaka), také obsah uhličitánů není vysoký, max. do 1%. V lesním porostu byl druh půdy hlinitý a strukturní, při okrajích lavaky byl jílovitohlinitý a středně strukturní. Půda byla v obou případech suchá, nebyl zde žádný rozdíl.

Na ostrově Nosy Be jsem porovnávala půdu primárního a sekundárního pralesa. Obě půdy jsou neutrální, zbarvení je hnědé v primárním a hnědošedé v sekundárním lese (obsahuje o trochu větší množství humusu). V obou případech se jednalo o půdu hlinitou hrudkovitou. V primárním pralesu byla však středně strukturní a v sekundárním vlhká strukturní.

Rezervace Ankarana je typická svými vápencovými útvary – tsingami. Půda na tsingách je hlinitá, středně strukturní a hrudkovitá, tvoří jen několikacentimetrovou pokrývku (do 5 cm), pod kterou je matečná hornina. Díky slabé vrstvě je půda suchá. Obsahuje značné množství uhličitánů 1-5%. Naproti tomu půda na savaně přechází od žluté barvy přes okrovou až k hnědé, je strukturní, zrnitá druh jílovito – hlinitý s obsahem uhličitánů mezi 1-5% obsahu. Díky neustálé expozici slunečním paprskům je půda vyprahlá.

NP Montagne d'Ambre se vyznačuje půdami s odstíny hnědé, neutrálního pH. Obsah humusu v půdě zde byl nejvyšší ze všech navštívených lokalit. Na tomto místě je ideální klima pro tvorbu humusu. Obsah uhličitánů je rozdílný – na vrcholu Grand Moulin je obsah uhličitánů mezi 1-5%, u vodopádu za táborem jsem na obou březích a vrcholu Montagne d'Ambre naměřila stupeň 2, což znamená 0,03-1% obsahu uhličitánů. Půda na zmíněných čtyřech lokalitách byla jílovito-hlinitá, strukturní, drobtovitá nebo prachovitá. Jen na travnatých plochách pod hřebem Montagne d'Ambre se od zmíněných lokalit liší. Obsah uhličitánů zde byl nízký, naměřila jsem stupeň 1 (0-0,03% obsahu). Na rozdíl od ostatních je půda hlinitá, středně strukturní a hrudovitá. Tato lokalita náleží do humidní oblasti ostrova, což způsobuje, že půda je zde vlhá či vlhká.

Závěr

V průběhu expedice „Baobab 2006“ jsem na vybraných lokalitách SZ Madagaskaru odebrala 16 vzorků půdy. Setkali jsme se se čtyřmi půdními typy, konkrétně se jedná o oxisoly, salisoly, alfisoly a ultisoly. Během rozboru jsem dále zjistila 5 různých půdních druhů, od hlinitopísčitých až po jílovité půdy. Častěji se však vyskytovaly půdy těžší zejména hlinité a jílovitohlinité. Půdy jsou z hlediska struktury strukturní nebo středně strukturní. Chemický rozbor odhalil, že půdy

SZ Madagaskaru jsou převážně neutrální, popř. slabě kyselé. Obsah uhličitánů v půdě je závislý na lokalitě. Madagaskar je velmi zajímavý a určitě by si zasloužil podrobnější rozbor, který při tempu expedice nebylo možné provést.

Literatura

- Brady N. C., Weil R.R. (2002): The Nature and Properties of Soils. - Prentice Hall, New Jersey, 960 s.
- Hošek P. (2005): Krvácející hory. - *Vesmír*, **84**: 202.
- Lucas G. (2004): Ekologie. - Albatros, Praha, 88 s.
- Mentlík P. (2004) : Úvod do pedologie a pedografie pro geography. - Online z : <http://www.kge.zcu.cz/personal/PERSON/mentlikp/vyuka/vyuka.html>
- Pavel L. a kol. (1984): Geologie a půdoznalství. - Vysoká škola zemědělská v Praze, 280 s.
- Rajchard J., Balounová Z., Květ J., Šantrůčková H., Vysloužil D. (2002): Ekologie III. - KOPP, České Budějovice, 198 s.
- Ritter M. E. (2006): The Physical Environment: an Introduction to Physical Geography. 2006. - Online z: http://www.uwsp.edu/geo/faculty/ritter/geog101/textbook/title_page.html
- Smolíková D. (2004): PLANETA ZEMĚ – Půdy. - In: Hlaváč J. a kol.: Živel Země. Praha, Agentura Koniklec, Praha, 358 s.
- Tesařík B. (1971): Agrochemické pokusy. - SPN, Praha. 173 s.

Přijato 15.3 2007