

VYUŽITÍ GEOINFORMAČNÍCH VRSTEV PŘI ŘEŠENÍ VODNÍ EROZE PŮDYDaniel ŽÍŽALA¹, Hana KRISTENOVÁ²

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Žabovřeská 250, 15627, Praha 5 - Zbraslav, ČR

*zizala.daniel@vumop.cz**kristenova.hana@vumop.cz***Abstrakt**

Ochrana půdy před vodní erozí je v současné době velmi diskutovaným tématem na celoevropské úrovni. V ČR upravují hospodaření na zemědělské půdě v rámci boje s půdní erozí Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu, konkrétně standardy GAEC 1 a 2, které jsou součástí systému Kontroly podmíněnosti (Cross-Compliance). Na VÚMOP, v.v.i. byly vyvinuty efektivní metody pro hodnocení erozní ohroženosti půd na základě výpočtu Maximálních přípustných hodnot faktoru ochranného vlivu vegetace (C_p), který vychází z Univerzální rovnice ztráty půdy (USLE). Jednotlivé faktory byly určeny na základě informací z databáze Bonitačně půdně ekologických jednotek (BPEJ) a vypočteny pomocí databází CORINE, LPIS a z DMT. Dále jsou vyvíjeny podpůrné prostředky pro doporučení vhodného managementu na půdním bloku a stanovení vhodnosti půdních bloků pro realizaci protierozních opatření. Těmito podpůrnými prostředky jsou míněny především geografické vrstvy odtokových linií a půdních bloků vhodných pro opatření Setí/sázení po vrstevnici. Odtokové linie byly vytvořeny na základě vektorově-rastrového algoritmu v programu GRASS GIS. Kategorie vhodnosti pro opatření Setí/sázení po vrstevnici byly vytvořeny na základě rozsahu expozic svahů na jednotlivých půdních blocích, přičemž byly takto vymezeny 4 kategorie (vhodné, méně vhodné, nevhodné a rizikové). Tyto podpůrné prostředky slouží jako informační podklady pro zemědělce a zároveň jako nástroje pro kontrolu uplatňování standardů GAEC.

Klíčová slova: eroze; GAEC; C_p ; odtokové linie**Abstract**

Protection of soil from water erosion is currently highly discussed topic at the European level. In the Czech Republic, Standards of Good agricultural and environmental condition regulate farming on agricultural land, namely the GAEC 1 and 2 standards, which are part of the Cross-Compliance system. The Research Institute for Soil and Water Conservation have developed effective methods for assessing soil erosion vulnerability by calculating the Maximum Admissible Value of the Conservation Effect Factor of the Canopy Cover (C_p), which is based on the Universal soil loss equation (USLE). Individual factors were determined, based on information from the Evaluated soil ecological units (BPEJ) database and calculated by using the CORINE database, Land Parcel Identification System (LPIS) and digital terrain model. Other support tools are being developed to support recommendation of appropriate management on soil block and to determine the suitability of blocks for implementation of erosion control measures. These support tools are primarily geographic layers of drainage lines and soil blocks suitable for measures for seeding/ planting along the contour. Drainage lines were created on the basis of vector-raster algorithm in the GRASS GIS program. Category of suitability for seeding/ planting along the contour measures were created based on the extent of the slopes exposure on the individual soil blocks. Thus 4 categories were identified (appropriate, less appropriate, inappropriate and risky). These support tools serve as background information for farmers and as a tool for monitoring the implementation of GAEC standards.

Keywords: erosion; GAEC; C_p ; drainage lines

ÚVOD

Půda jakožto neobnovitelný přírodní zdroj a významná složka životního prostředí, která byla přirozeně vytvářena po dobu tisíců let, je v současné době ohrožována řadou procesů. Nejvýznamnějším typem degradace půdy, který omezuje její základní funkční využití, zejména její produkční funkci, je v podmínkách České republiky bezesporu vodní eroze. Negativní působení vodní eroze lze spatřovat zejména v odnosu minerálních a organických látek z povrchu půdy a s tím spojené narušování fyzikálních i chemických vlastností půdy. Negativní efekty eroze se však odrážejí i ve škodách na majetku, zanášením toků a nádrží a ohrožování jakosti vod v povrchových tocích. Intenzifikace zemědělství a další změny v hospodaření, jako například změny v preferenci pěstování některých plodin, dále působí ve směru zrychlování degradačních procesů. V současné době je tak dle analýz Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy, v.v.i. (VÚMOP, v.v.i.) ohroženo vodní erozí více jak 50 % zemědělské půdy.

Vzhledem k podstatě procesu vodní eroze, který je funkcí prostorově různě distribuovaných činitelů životního prostředí, je nasnadě využití geografických systémů při výzkumu a analýze tohoto komplexního procesu. K tomuto účelu byla již vyvinuta řada přístupů, které většinou zahrnují využití některých matematických modelů pracujících s prostorovou složkou dat. Jak je však z různých studií zřejmé, výstupy těchto modelů jsou závislé nejen na výběru použitého algoritmu, ale stejnou váhu je třeba přisuzovat i kvalitě vstupních dat, v případě prostorových řešení tedy i kvalitě geoinformačních vrstev. Vzhledem k nutnosti a potřebě predikce erozních jevů na rozlehlém území je zapotřebí zajistit data pokrývající celou plochu sledovaného území a také zvolit vhodný model pro potřeby analýzy působení vodní eroze.

Ve VÚMOP, v.v.i., kde je problematika vodní eroze řešena již řadu let, je vzhledem k dostupným datům a potřebě analýzy erozní ohroženosti na celém území České republiky využíván zejména model USLE, neboli univerzální rovnice ztráty půdy (Universal Soil Loss Equation). Na základě tohoto přístupu vznikly podklady pro posuzování míry erozní ohroženosti v rámci implementace standardů Dobrého zemědělského a environmentálního stavu GAEC. Řešení problematiky vodní eroze v rámci těchto standardů, které jsou obecně zaměřeny na zemědělské hospodaření ve shodě s ochranou životního prostředí, je v současnosti zřejmě legislativně nejúčinnějším nástrojem pro boj s tímto fenoménem v ČR. Konkrétně je ochrana půdy před erozí řešena standardem GAEC 1, který řeší opatření pro pěstování plodin na pozemcích, jejichž průměrná sklonitost přesahuje 7°, a standardem GAEC 2, který řeší problematiku protierozní ochrany na silně a mírně erozně ohrožených pozemcích (SEO a MEO).

Hospodaření v souladu se standardy GAEC je jednou z podmínek poskytnutí plné výše přímých plateb a podpor z osy II Programu rozvoje venkova. Tímto restriktivním opatřením je zajišťováno chování uživatelů půdy ve smyslu preventivního působení vůči vodní erozi.

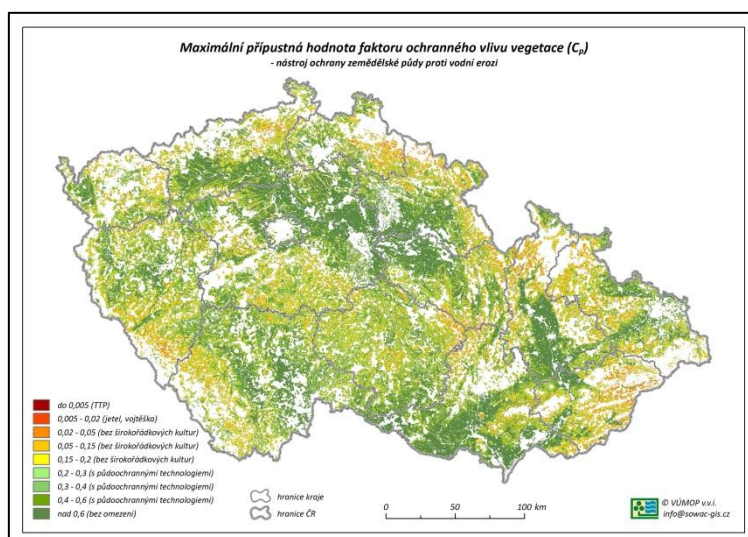
Standard GAEC 1 vymezuje management pozemku s průměrnou sklonitostí nad 7° po sklizni plodiny a jeho účelem je omezení povrchového odtoku a zvýšení vsaku do půdy. To je zajišťováno založením dalšího porostu ihned po sklizni, ponecháním strniště nebo zanecháním půdy zorané nebo podmítnuté do 30. listopadu. Vymezení půdních bloků, kterých se toto opatření týká, je realizováno na základě průměrné sklonitosti, která je vypočítána na základě váženého průměru z rastru sklonitosti vzniklého na základě DMT s rozlišením 10 m.

Standard GAEC 2 je zaměřen na erozně ohrožené pozemky, které nespádají do kategorie řešené ve standardu GAEC 1. Za účelem vymezení erozní ohroženosti pro potřeby GAEC 2 byla v roce 2009 ve VÚMOP, v.v.i. vytvořena vrstva erozní ohroženosti půd ČR vodní erozí (viz dále). Tato vrstva vymezuje kategorie silně erozně ohrožených ploch (SEO), mírně erozně ohrožených ploch (MEO) a erozně neohrožených ploch. Na těchto plochách je dále definován způsob hospodaření pro splnění standardů. Na plochách SEO je zakázáno pěstování širokořádkových plodin a zakládání porostů obilnin a řepky olejné je podmíněno použitím půdoochranných technologií (bezorebné setí, setí do mulče, setí do mělké podmítky, setí do ochranné plodiny a důlkování). Na plochách MEO je při pěstování širokořádkových plodin podmíněno využitím výše zmíněných půdoochranných technologií nebo definovanými specifickými půdoochrannými

technologemi (přerušovací pásy, zasakovací pásy, osetí souvratí, setí/sázení po vrstevnici a odkameňování).

GEINFORMAČNÍ VRSTVY A JEJICH ZPRACOVÁNÍ PRO HODNOCENÍ EROZNÍ OHROŽENOSTI PŮD

Erozní ohroženost pozemků je možné provádět pro potřeby lokálních studií pomocí některého z řady matematických modelů vyvinutých pro účely hodnocení eroze, např. simulační model WaTEM/SEDEM, simulační model EROSION3D apod. V měřítku celé České republiky je však situace složitější a pro hodnocení erozní ohroženosti pro celé toto území je nejčastěji využíván model tzv. Universální rovnice USLE (Wischmeier, Smith 1978), který slouží ke stanovení intenzity vodní eroze. Výpočet dlouhodobého průměrného smyvu půdy (G v $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$) podle rovnice USLE probíhá na základě známého vztahu: $G = R \times K \times L \times S \times C \times P$, kde R je faktor erozní účinnosti přívalového deště, K - faktor erodovatelnosti, LS - sdružený faktor délky a sklonu svahu, C - faktor ochranného vlivu vegetace a P - faktor účinnosti protierozních opatření. Ve VÚMOP, v.v.i. byla vyvinuta efektivní metoda pro hodnocení erozní ohroženosti na základě výpočtu „maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace“ (C_p). Koncept výpočtu spočívá v úpravě rovnice USLE na tvar $C_p = G_p / (R \times K \times L \times S \times P)$, přičemž G_p je přípustná ztráta půdy s ohledem na zachování funkcí půdy a její úrodnosti ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$). Na základě tohoto výpočtu je provedeno vymezení erozní ohroženosti pro potřeby standardu GAEC 2.

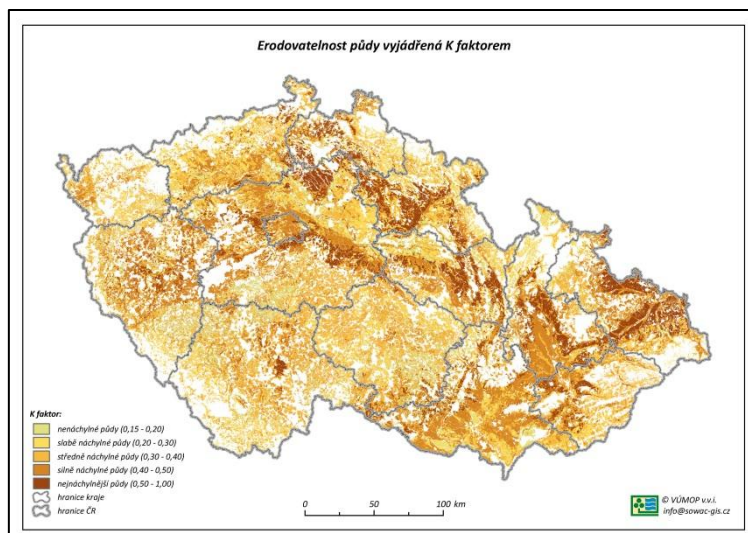


Obr. 1: mapa maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace

V dalším přehledu jsou blíže popsány postupy stanovení jednotlivých faktorů pro výpočet pomocí rovnice USLE na základě dostupných geoinformačních vrstev.

K – faktor erodovatelnosti půdy

Hodnota faktoru K závisí na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty a propustnosti půdního profilu. Tento faktor představuje náchylnost půdy k erozi, tedy schopnost půdy odolávat působení rozrušujícímu účinku deště a transportu povrchového odtoku. Erodatelnost půdy je stanovena na základě vrstvy bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ), která je spravována ve VÚMOP, v.v.i. v měřítku 1 : 5 000. Určujícím parametrem z kódu BPEJ je číslo HPJ, neboli číslo hlavní půdní jednotky podle které je expertně stanovena hodnota erodovatelnosti půdy.



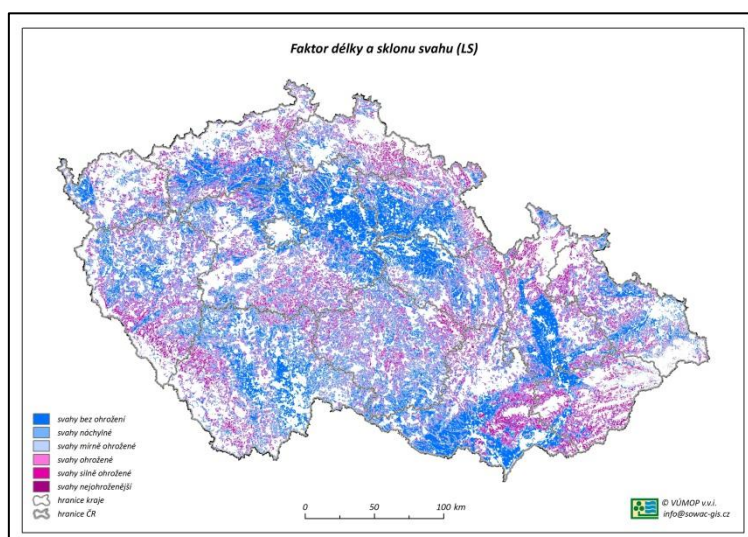
Obr. 2: erodovatelnost půdy vyjádřená K faktorem

R – faktor erozní účinnosti deště

Pro celou Českou republiku je průměrná roční hodnota stanovena na $20 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$ na základě dlouhodobé řady pozorování srážek na stanicích ČHMÚ (Janeček a kol. 2007)

LS – sdružený faktor délky a sklonu svahu

Mapová vrstva byla vytvořena na základě výpočtu pomocí modelu USLE 2D metodou McCool (1987, 1989) s využitím odtokového algoritmu Flux Decomposition za použití geoinformačních vrstev DMT od firmy GEODIS v gridu 10 m, aktuální vrstva půdních bloků databáze LPIS a půdní pokryv z databáze Corine Land Cover pro rok 2006.



Obr. 3: faktor délky a sklonu svahu

C – faktor ochranného vlivu vegetace

Pro zpracování vrstvy faktoru ochranného vlivu vegetace byl použit faktor C dle klimatických regionů podle Kadlece a Tomana (2002) na orné půdě, přičemž byly doplněny hodnoty i pro plochy trvalých travních porostů.

Gp – přípustná ztráta půdy

Mapová vrstva přípustné ztráty půdy (v $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$) byla určena na základě hloubky půdy z databáze BPEJ s ohledem na zachování funkcí půdy a její úrodnosti. Přípustná ztráta půdy tedy uvádí, jaké množství půdy je již pro udržitelnost všech funkcí půdy v daném místě rizikové.

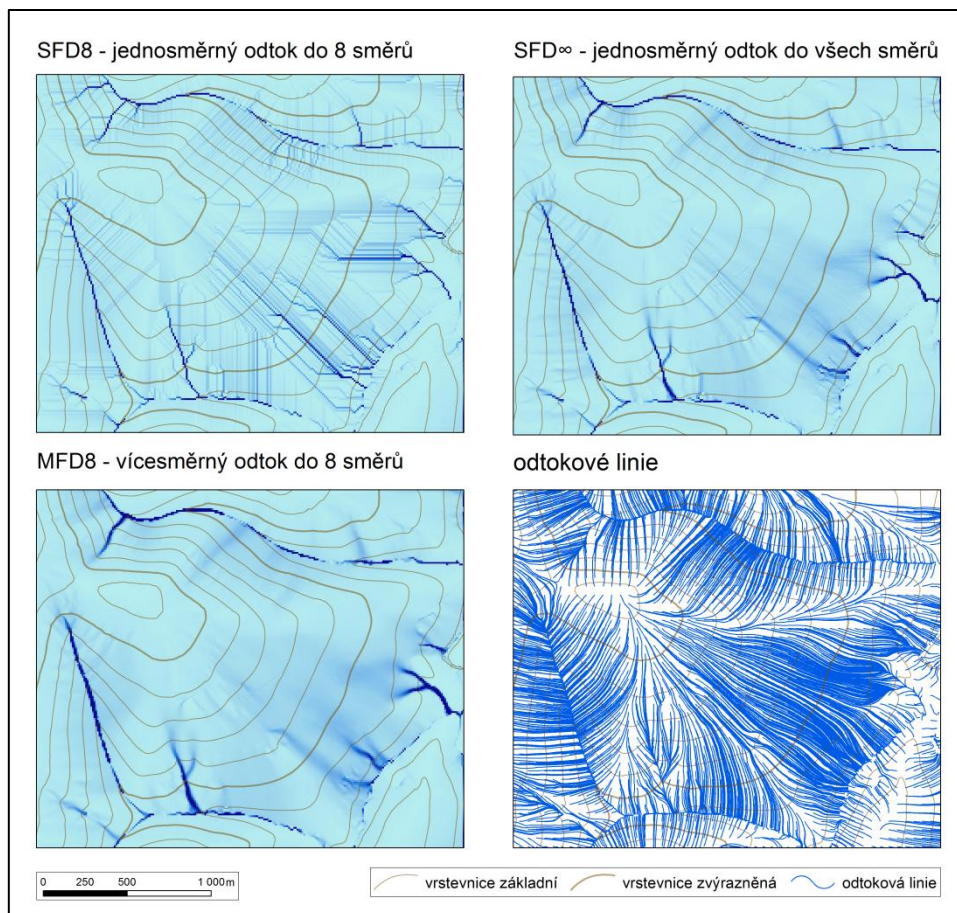
PODPŮRNÉ GEOINFORMAČNÍ VRSTVY PRO DOPORUČENÍ VHODNÉHO MANAGEMENTU NA PŮDNÍM BLOKU

Jak již bylo uvedeno výše, v rámci standardu GAEC 2 je na plochách MEO (mírně erozně ohrožené) pěstování širokořádkových plodin podmíněno použitím speciálních půdoochranných technologií. Vzhledem k potřebě přesně definovat pravidla pro správné používání těchto specifických technologií, bylo nutné vytvořit k tomuto účelu vhodný nástroj, který zároveň bude sloužit jako podpůrný nástroj pro doporučení vhodného managementu a realizaci protierozních opatření na zemědělském pozemku.

Vzhledem k charakteru erozních procesů byly jako vhodné půdoochranné technologie využity zejména ty, které slouží k přerušení nebo zpomalení odtoku po povrchu půdy (přerušovací a zasakovací pásy, osetí souvrátí a setí respektive sázení po vrstevnici). Z tohoto důvodu bylo zapotřebí věnovat se metodám řešení simulace povrchového odtoku, případně metodám stanovení vhodnosti pozemku pro používání technologie setí/sázení po vrstevnici.

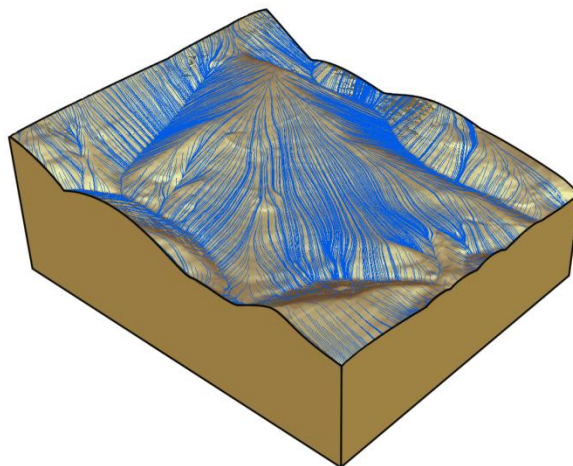
Odtokové linie

Z výše zmíněných důvodů byly tedy analyzovány různé algoritmy simulace povrchového odtoku nad digitálním modelem terénu (DMT) z hlediska využitelnosti pro protierozní ochranu. V rámci této analýzy byl použit DMT od firmy GEODIS s gridem 10 x 10 m. S pomocí softwarových aplikací ArcGIS, WhiteboxGAT a GRASS GIS byly analyzovány možnosti rastrově orientovaných algoritmů pro simulaci povrchového odtoku. Tyto algoritmy jsou uzpůsobeny k výpočtu rastrových vrstev akumulace odtoku (flow accumulation) a délky odtoku (flow length). K výpočtu se používají různé přístupy (jednosměrný odtok do 8 směrů – SFD8 a do všech směrů - SFD ∞ , jednosměrný náhodný odtok – Rho8, vícesměrný odtok do 8 směrů – MFD8 a do všech směrů MFD ∞ apod.). K vymezení linií povrchového odtoku z vrstvy akumulace odtoku je pak potřeba využít dalších postupů, jako např. prahování (viz obr. 4). Tyto algoritmy nicméně nenabídlý vhodný způsob vymezení linií povrchového odtoku nebo jsou pro tento účel výpočetně příliš náročné. Výsledky tak nebyly dobře využitelné pro účely řešení erozní ohroženosti, konkrétně pak pro účinné vymezení přerušovacích a zasakovacích pásů.



Obr. 4: ukázka výsledků simulace akumulace povrchového odtoku

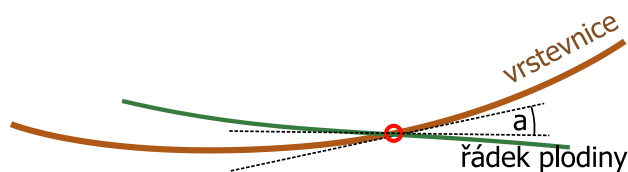
Odtokové linie byly finálně vytvořeny v softwaru GRASS 6.4.1 pomocí vektorově-rastrového algoritmu umožňujícího vygenerování odtokových linií v nekonečně mnoha směrech v závislosti na sklonu a expozici svahu. Linie byly generovány pomocí modulu *r.flow*, který je primárně určen pro analýzu svahů z hlediska eroze (Fárek, V. a Unucka, J. 2010). Byly generovány v intervalu 5 m a reprezentují imaginární cesty, které by uskutečnila kapka stékající po povrchu digitálního modelu terénu. Pro výpočet byl použit již zmiňovaný DMT od firmy GEODIS Brno s přesností 10 x 10 m. Vzhledem k náročnosti algoritmu byl výpočet proveden na území o velikosti povodí III. řádu. Vrstvy odtokových linií byly následně naimportovány do aplikace ArcMap, spojeny a převedeny do vektorového formátu shapefile.



Obr. 5: Blokdiagram s odtokovými liniemi

Vrstva vhodnosti pro opatření Setí/sázení po vrstevnici

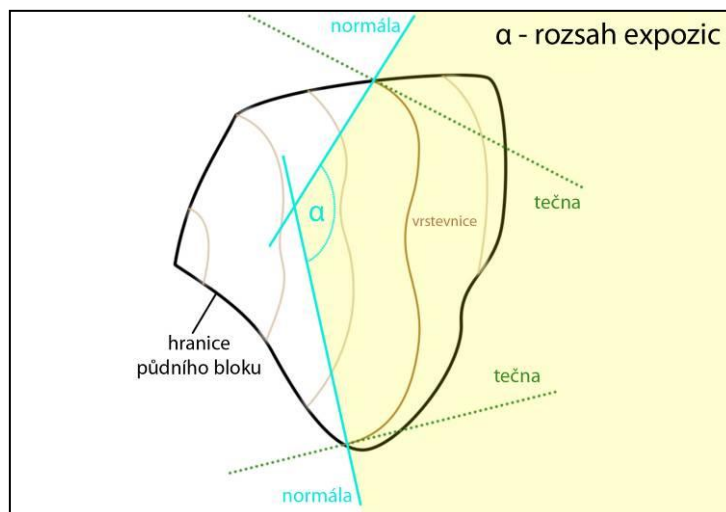
Vrstva vhodnosti půdních bloků vznikla za účelem vytvoření podpůrného nástroje pro opatření setí/sázení po vrstevnici, které je jedním z účinných protierozních opatření. Aby bylo toto opatření účinné, je zapotřebí, aby byly jednotlivé řádky vedeny kolmo na směr odtoku povrchové vody a tak částečně tomuto toku bránily. Ideálem je, aby měl každý jednotlivý řádek konstantní nadmořskou výšku, neboli nulové převýšení, jinými slovy: měl by být totožný s vrstevnicí v daném místě. Výše popsavý stav je idealizovaný a v praxi ne všude dosažitelný. Proto byly půdní bloky podrobeny analýze „vhodnosti“ pro opatření setí/sázení po vrstevnici. Vhodnost půdního bloku pro toto opatření je určena obtížností realizace správného provedení opatření vzhledem ke konfiguraci terénu, přičemž jako míra tolerance je zvolena hodnota odklonu řádku od směru vrstevnic na 30° (obr. 6).



Obr. 6: odklon směru řádku od vrstevnice

Z hlediska výpočtu parametrů vhodnosti opatření pro půdní bloky a samotné vymezení kategorií vhodnosti bylo přistoupeno k analýze nástrojů pro práci s DMT. Vzhledem k řešené problematice byly analyzovány možnosti řešení pomocí zakřivení svahu (vertikální a zejména horizontální) a expozic svahů. První varianta nebyla vzhledem k výpočetní náročnosti využita a bylo přistoupeno k výpočetně jednoduššímu řešení pomocí expozic svahů, přičemž vhodnost pozemku k uplatňování opatření setí/sázení po vrstevnici byla stanovena na základě rozsahu expozic na půdním bloku. Vzhledem k faktu, že použití zmiňované půdoochranné technologie se předpokládá na mírně erozně ohrožených plochách, není třeba uvažovat sklonitost, nebo vertikální zakřivení jako parametr ovlivňující využitelnost technologie a hlavní pozornost je tedy věnována horizontálnímu zakřivení ve zjednodušeném nahrazeném rozsahem expozic svahu.

Podle expozice svahu, třídíme plochy zpravidla do několika tříd odpovídajícím výšečím směrové růžice. Do těchto tříd se nezahrnují plochy se sklonem menším než 2° , které se vyčleňují jako rovinné. Expozici plochy pak rozumíme úhel mezi normálou k ní a směrem, vůči němuž expozici uvažujeme, v případě expozic svahů vůči severu. Expozice svahu je závislá na jeho orientaci a sklonu. Rozsah expozic pro daný půdní blok tedy představuje rozpětí, ve kterém se dané expozice pohybují, vyjádřené úhlem mezi extrémy (viz obr. 7).



Obr. 7: Rozsah expozic

Na základě provedených testů byly půdní bloky s plochou MEO rozděleny dle rozsahu expozice na 4 kategorie vhodnosti pro opatření Setí/Sázení po vrstevnici:

1. vhodné,

V rámci půdního bloku s rozsahem expozice svahu do 70° se nacházejí jednoznačně vhodné podmínky pro aplikaci opatření setí/sázení po vrstevnici.

2. méně vhodné,

V rámci půdního bloku s rozsahem expozice svahu 70 - 110° se i přes možný výskyt členitějšího terénu, pravděpodobně nacházejí vhodné podmínky pro aplikaci opatření setí/sázení po vrstevnici.

3. nevhodné,

V rámci půdního bloku s rozsahem expozice svahu 110 - 140° se pravděpodobně nacházejí méně vhodné podmínky pro aplikaci opatření setí/sázení po vrstevnici. Problematická může být nejen aplikace opatření, ale i případná kontrola tohoto opatření. Upozorňujeme na možné porušení standardu.

4. rizikové.

V rámci půdního bloku s rozsahem expozice svahu nad 140° se pravděpodobně nacházejí nevhodné podmínky pro aplikaci opatření setí/sázení po vrstevnici. Opatření nedoporučujeme aplikovat z důvodu pravděpodobného porušení standardu.

Finálně byla zpracována vrstva půdních bloků s kategoriemi vhodnosti pro opatření Setí/Sázení po vrstevnici pro celé území české republiky. Tato vrstva je v informačním systému LPIS pouze orientační, není závazná a slouží pro zemědělce jen jako podklad pro rozhodnutí o míře rizika porušení standardu GAEC 2 při realizaci technologie setí/sázení po vrstevnici. V praxi to znamená, že i na půdních blocích nevhodných a rizikových je možné tuto technologii použít, ale riziko porušení standardu GAEC 2 je vyšší, protože praktická realizace technologie je náročnější.

ZÁVĚR

Proces degradace půdy vodní erozí je v mnoha případech proces nevratný. Je tedy nutné o půdu trvale pečovat a udržovat její úrodnost. Standard GAEC motivuje zemědělce hospodařit na erozně ohrožené půdě s využitím půdoochranných technologií a protierozních opatření, významně tak ovlivňuje hospodaření a tím přispívá k ochraně půdy. Podpůrné prostředky, vrstva odtokových linií a setí/sázení po vrstevnici, se staly významnými informačními nástroji pro doporučení managementu na půdním bloku, pro stanovení vhodnosti realizace půdoochranných technologií a pro kontrolu uplatňování standardů GAEC a napomáhají tak při boji proti nezvratnému poškozování půdy.

LITERATURA

Fárek, V., Unucka, J. (2010) Modelování povrchového odtoku v extrémním reliéfu. GIS Ostrava 2010, Ostrava, 24. - 27. 1. 2010

Janeček, M. a kol. (2007): Ochrana zemědělské půdy před erozí, metodika, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v. v. i., Praha, 76 s., ISBN 978-80-254-0973-2.

Kadlec, M., Toman, F. (2002) Závislost faktoru protierozní účinnosti vegetačního pokryvu C na klimatickém regionu, In: Bioklima - Prostředí – Hospodářství. s. 544 – 550, ISBN 80-85813-99-8.

Wischmeier, W. H., Smith, D. D. (1978) Predicting Rainfall Erosion Losses – A Guide to Conservation Planning, Agr. Handbook. US Dept. of Agriculture, Washington.