

## **Protierozní kalkulačka – účinný nástroj ochrany půdy před erozí**

Erosion control calculator - an effective tool for protection from soil erosion

*Hana Kristenová, Jana Smolíková, Věra Váňová, Ivan Novotný, Vladimír Papaj, Jiří Holub*  
*Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Žabovřeská 250, 156 27, Praha 5 -Zbraslav*

### **Abstrakt**

V podmínkách ČR a střední Evropy je zemědělská půda ohrožena především vodní a větrnou erozí, acidifikací, utužením, sesuvy, znečištěním a úbytkem organické hmoty. Nejrozšířenějším typem degradace je bezesporu vodní eroze, před kterou je půdu nutné chránit účinnými protierozními opatřeními.

Protierozní kalkulačka implementovaná na geoportálu SOWAC-GIS je komplexní nástroj pro podporu rozhodování v oblasti protierozní ochrany půdy. Zemědělcům, farmářům a poradcům zemědělců poskytuje relevantní podklady a informace pro účinné řešení protierozní ochrany na erozně ohrožených plochách zemědělské půdy konkrétních půdních bloků evidovaných v LPIS. Uživatelé si mohou pomocí protierozní kalkulačky jednoduše, rychle a efektivně vypočítat erozní ohroženost na daném pozemku a následně, na základě zjištěných informací, navrhnout účinná protierozní opatření nejen v rámci plnění podmínek standardu GAEC 2, ale i nad jeho rámec s ohledem na ochranu přírody a krajiny.

Protierozní kalkulačka je dostupná v prostředí internetu přes prohlížeč internetových stránek na <http://geoportal.vumop.cz>.

**Klíčová slova:** eroze, protierozní ochrana, půda

### **Abstract**

Under the conditions of the Czech Republic and Central Europe, soil is threatened primarily by water and wind erosion, acidification, compaction, landslides, pollution and loss of organic matter. The most common type of degradation is undoubtedly water erosion; therefore the soil must be protected by effective anti-erosion measures.

Erosion control calculator, which is implemented on Geoportal SOWAC-GIS is a comprehensive tool used as a support for decision making process in soil erosion control. The application provides to farmers and farmers' advisors relevant information and tools for effective solution of erosion control on areas, which are registered in the LPIS. Using the

calculator the users can simply, quickly and efficiently calculate erosion vulnerability on the land and then, based on gathered information, users can propose effective erosion control measures not only in the performance of GAEC 2, but even beyond that with regard to the protection of nature and landscape.

Erosion control calculator is available on the Internet through a web browser on <http://geoportal.vumop.cz/>.

**Keywords:** erosion, erosion control, soil, GIS

## Úvod

Nejrozšířenějším typem degradace půd v České republice je vodní eroze. Během jedné erozní události může být smyto až několik cm půdy a dojít tak k její nenávratné ztrátě. V případě eroze se k degradaci půdy přidávají ještě další negativní efekty způsobené přenosem půdního materiálu a dochází tak k ohrožování obecního a soukromého majetku, zanášení vodních toků a nádrží a zhoršování jakosti povrchových vod. Vážné projevy degradace půdy erozí jsou každoročně mapovány při aktualizacích bonitovaných půdně ekologických jednotek, což se projevuje i výrazným snížením průměrné ceny pozemků.

Pro podporu ochrany půdy před erozí tak byla v roce 2012 spuštěna aplikace Protierozní kalkulačka. Kalkulačka je primárně určena pro hodnocení vhodnosti uživatelem definovaných agrotechnických postupů v kontextu ochrany půdy proti vodní erozi. V další fázi vývoje bude aplikace schopna, na základě parametrů zadaných uživatelem, zhodnotit plán hospodaření na zemědělské půdě, navrhnout optimalizaci hospodaření a v případě potřeby navrhnout i vhodnou skupinu protierozních opatření.

## Materiál a metody

Pro analýzu erozní ohroženosti pomocí protierozní kalkulačky byla použita Univerzální rovnice ztráty půdy (USLE), která je nejrozšířenějším nástrojem pro hodnocení erozních procesů v České republice i jinde na světě.

Univerzální rovnice ztráty půdy USLE (Wischmeier et al., 1978), je základním nástrojem pro kvantifikaci dlouhodobého průměrného smyvu a je typickým představitelem empirických metod výpočtu ztráty půdy. Jedná se o jednoduchý vztah se šesti parametry, jejichž přesnost se ovšem výrazně podílí na získaných výsledcích. USLE byla řadu let využívána pouze pro návrhové postupy na jednotlivých pozemcích – jako manuální výpočet se stanovováním

charakteristických podélných profilů jednotlivých svahů. V posledních 15 letech se stále více prosazuje ve spojitosti s geografickými informačními systémy (GIS) pro výpočty v celých povodích. Rovnice byla postupně odvozena v USA a jejím výstupem je průměrná roční hodnota ztráty půdy v tunách na hektar ( $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ ).

Základní tvar univerzální rovnice ztráty půdy je tvořen součinem šesti faktorů:

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

Všechny faktory byly určeny empiricky statistickým vyhodnocením smyvu na jednotkových pozemcích délky 22 m a sklonu 9 % a na pozemcích s jednotkovými pozemky porovnávaných.

G - průměrná dlouhodobá ztráta půdy ( $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ ),

R - faktor erozní účinnosti srážek, definovaný jako součin kinetické energie deště a jeho největší 30 minutové intenzity, pro danou úlohu (sečtený pro dobu celého roku) je tedy závislý též na četnosti výskytu srážek ( $MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}$ ), resp. po úpravě ( $N \cdot ha^{-1}$ ),

K - faktor erodovatelnosti půdy, vyjadřující náchylnost půdy k erozi v závislosti na textuře a struktuře půdy, její propustnosti, obsahu humusu a dalších vlastnostech ( $t \cdot h \cdot MJ^{-1} \cdot cm^{-1}$ ), resp. po úpravě ( $t \cdot N^{-1}$ ),

L - faktor délky svahu a zohledňuje vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy (bezrozměrný – poměr smyvu ke smyvu na jednotkovém pozemku),

S - faktor sklonu svahu, velikost sklonu svahu zohledněná tímto faktorem erozi velmi výrazně ovlivňuje (bezrozměrný – poměr smyvu ke smyvu na jednotkovém pozemku sklonu 9 %),

Pozn. faktory L a S bývají často určovány pomocí kombinovaného vzorce nebo společného postupu. Dohromady je potom nazýván „topografický faktor“, neboli LS faktor.

C - faktor vyjadřuje vliv osevního postupu a agrotechniky, udává poměr ztráty půdy z vyšetřovaného pozemku a z jednotkového pozemku s trvalým úhorem při zachování zbylých parametrů, zohledňuje tedy ochranný vliv vegetace (bezrozměrný),

P - faktor vyjadřuje vliv protierozních opatření (bezrozměrný – poměr smyvu ke smyvu na jednotkovém pozemku),

Při klasickém způsobu výpočtu se na každém pozemku stanoví charakteristické odtokové dráhy plošného odtoku (tzv. profily) a všechny faktory rovnice se určují pro plochy těmito

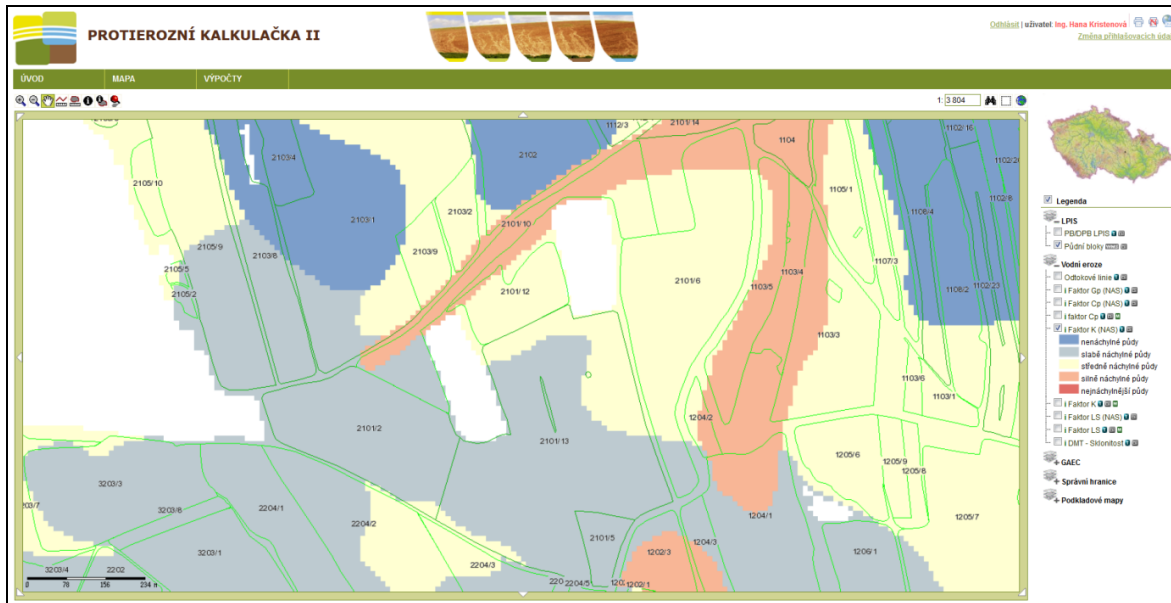
profily reprezentované. Podrobnost a kvalita řešení je výrazně závislá na správném stanovení profilů.

Výpočet pomocí GIS není založen na určování jednotlivých průměrných hodnot  $G$  pro pozemek (neboli jeho charakteristický odtokový profil), ale na určení velikosti ztráty půdy pro dílčí jednotkové (malé) elementy pozemku (resp. povodí) a následnou analýzu (součet na ploše pozemků, určení průměrných hodnot pro pozemky apod.). Každému elementu je přiřazena informační hodnota dané veličiny (nadmořské výšky, sklonu, faktorů USLE atp.). Velikost elementů je dána rozlišením mapových podkladů a kapacitou počítače a pohybuje se řádově v rozmezí 100 až 103 m<sup>2</sup>. Tak jsou vytvořeny informační vrstvy, složené z jednotlivých elementů, pro každý z faktorů USLE. Protože elementy všech vrstev si odpovídají svou polohou, je možné průměrnou ztrátu půdy pro každý element určit jednoduchým vynásobením vrstev v prostředí GIS. Celý postup je objektivní a transparentní, a je-li smyv určován pro každý element velikosti např. 10x10 metrů nebo menší, snadno lze do výpočtu zahrnout nehomogenity terénu a prostorové vyčíslení faktorů USLE.

## **Výsledky**

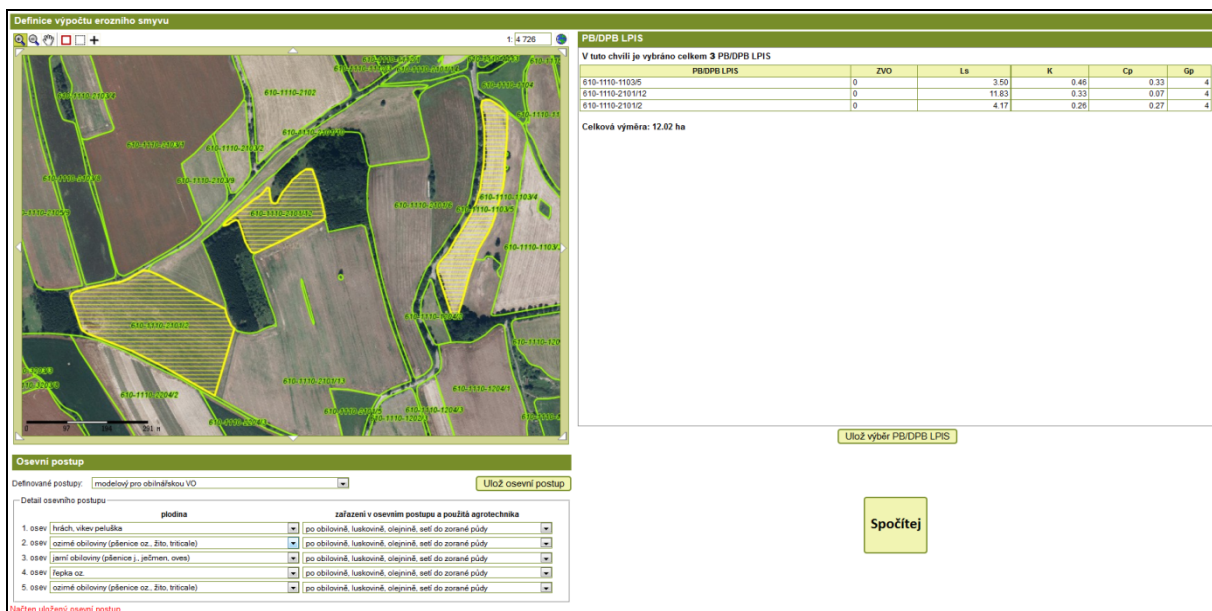
Z technického hlediska je aplikace navržena a implementována jako interaktivní webová mapová aplikace s prvky expertního systému dostupná v prostředí internetu na geoportálu SOWAC-GIS přes internetový prohlížeč. Základní funkčnost aplikace je dostupná všem uživatelům, registrovaní uživatelé však mají navíc možnost ukládat volby osevních postupů a vyhodnocovat (porovnávat) jejich vhodnost v daných podmínkách.

Aplikace je rozdělena na mapovou a výpočetní část. Důvodem rozdělení byla zejména možnost pro uživatele využívat informace ze specializovaných mapových vrstev ( $C_p$ ,  $K$ ,  $LS$ ,  $G$  – z datové základny VÚMOP, v.v.i.) a zároveň aplikaci funkčně rozšířit o nástroje nezbytné pro manipulaci s mapovými vrstvami a prostorové dotazování (Obr. 1).



Obr. 1: Mapová část aplikace

Dále aplikace umožňuje cílovým skupinám uživatelů v jednom vyhodnocovacím postupu vyhodnotit více zájmových půdních bloků. Do aplikace byla navržena a implementována databáze modelových osevních postupů pro jednotlivé výrobní oblasti s cílem zjednodušit uživatelům sestavení vhodného osevního postupu pro jejich zájmové půdní bloky (Obr. 2).



Obr. 2: Výpočetní část aplikace – výběr půdních bloků a sestavení osevního postupu

V mapové části aplikace je uživatel schopen jednak zjistit vybrané vstupní charakteristiky pro zájmové plochy a současně je schopen po zobrazení výsledků posuzovat celou situaci komplexně a najít tak optimální strategii při řešení protierozní ochrany.

Ve výpočtové části je aplikace schopna vyhodnotit ochranný vliv vegetace C, porovnat jej s maximální přípustnou hodnotou ochranného vlivu vegetace  $C_p$  a určit tak, zda je oseední postup sestaven správně nebo zda je potřeba jej změnit. Dále aplikace umožňuje pomocí metody USLE spočítat erozní smyv a porovnat ho s přípustnou hodnotou erozního smyvu. Pokud erozní smyv překračuje povolený limit ztráty půdy na pozemku, je označen červeně a uživatel musí změnit oseední postup tak, aby limitní hodnoty nebyly překročeny (Obr. 3). Získané výsledky je následně možné generovat do tiskových sestav v PDF.

Protokol o výpočtu erozního smyvu vybraných PB/DPB LPIS									
<b>Oseední postup</b>									
	skupina plodin	plodina	zařazení v oseedním postupu a použitá agrotechnika						
1. oseed	skupina luskovin a směsek	hrách, víkev peluška	po obilovině, luskovině, olejnině, seti do zorané půdy						
2. oseed	skupina husté seti obilniny	ozimé obiloviny (pšenice oz., žito, tritice)	po obilovině, luskovině, olejnině, seti do zorané půdy						
3. oseed	skupina husté seti obilniny	jarní obiloviny (pšenice j., ječmen, oves)	po obilovině, luskovině, olejnině, seti do zorané půdy						
4. oseed	skupina olejnin	řepka oz.	po obilovině, luskovině, olejnině, seti do zorané půdy						
5. oseed	skupina husté seti obilniny	ozimé obiloviny (pšenice oz., žito, tritice)	po obilovině, luskovině, olejnině, seti do zorané půdy						
<b>Konstantní parametry výpočtu</b>									
Faktor erozní účinnosti přívalového deště R [MJ.ha <sup>-1</sup> .cm.h <sup>-1</sup> ]: 20									
Faktor účinnosti protierozních opatření P[-]: 1									
<b>PB/DPB LPIS</b>									
	PB/DPB LPIS	Výměra (ha)	ZVO	Faktor LS (-)	Faktor K (-)	Cp (-)	C (-)	Gp (t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> )	G (t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> )
1	610-1110-1103/5	2.98	bramborářská	3.50	0.46	0.33	0.21	4.00	6.76
2	610-1110-2101/12	2.41	bramborářská	11.83	0.33	0.07	0.21	4.00	16.40
3	610-1110-2101/2	6.63	bramborářská	4.17	0.26	0.27	0.21	4.00	4.55
Celková výměra: 12.02 ha									
1/3 ..... 3/3									
<a href="#">PDF</a>									

Obr. 3: Výpočetní část aplikace – výpočet faktorů C a G

Aplikace se průběžně vyvíjí. V další fázi bude umět, v případě překročení limitů, navrhnout další opatření ke snížení erozního smyvu - změnu oseedního postupu, návrh na uplatnění protierozního opatření nebo návrh na změnu tvaru – délky pozemku.

## Diskuze

Aplikace Protierozní kalkulačka je výsledkem vývoje praktického nástroje pro výpočet erozní ohroženosti zemědělsky využívaného pozemku, která je navržena především pro potřebu a využití širokou veřejností, zejména pak pro zemědělce, farmáře a poradce zemědělců v celé České republice. Aplikace jako taková tedy není předmětem výzkumu, pouze zprostředkovává transfer výsledků vědy do praxe. Jedná se o podpůrnou aplikaci, která má uživatelům poskytnout orientační a rychlý přehled o správném způsobu hospodaření s ohledem na erozní ohroženost pozemku. Nijak neovlivňuje výšku vyplacených dotací a

nijak nezpochybnuje vymezení erozní ohroženosti v rámci GAEC (výsledky nejdou pro GAEC).

### **Závěr**

Hlavním cílem aplikace byl především transfer výsledků vědy do praxe, tedy použít již známé a ověřené metody a implementovat je do jednoduchého nástroje. Zdrojová data, ze kterých se počítá erozní ohroženost, byla poskytnuta přímo uživatelům, který získal možnost rozklíčovat, který z faktorů je na daném pozemku limitující a podle toho se v dané oblasti chovat. Zároveň se nabízí návod na správný postup způsobu využívání a hospodaření na zemědělském pozemku.

Předmětem dalšího vývoje bude implementace expertního systému (znalostní báze, inferenční mechanismus, vysvětlovací modul) s cílem poskytovat uživatelům variantní návrhy řešení konkrétní situace na základě zadaných faktů a výsledků analýz. Vysvětlovací modul aplikace pak bude poskytovat uživatelům detailní rozbor současného stavu, potenciál hospodaření, limitující prvky hospodaření, ale i rozbor navržených variant řešení z hlediska jejich účinnosti, efektivity, dopadů, předpokladů použitelnosti a dalších aspektů pro jejich komplexní porovnání. Dále je snaha proškolit zemědělské poradce na používání kalkulačky a zajistit tak její využití v praxi. Plánuje se další rozvoj aplikace implementací problematiky organické hmoty, uhlíkové bilance apod. Vzhledem k rozdílným hodnotám R pro různé účely se uvažuje nad rozšířením aplikace pro různé účely: kalkulačka pro potřeby GAEC 2, kalkulačka pro potřeby pozemkových úprav, vědecká kalkulačka s více možnostmi detailního nastavení parametrů.

### **Literatura**

Wischmeier, W., H., Smith, D., D. (1978): Predicting Rainfall Erosion Losses – a Guide to Conservation Plannin. Agr. Handbook, U.S. Dept. of Agriculture, Washington, D.C.

elektronické zdroje:

<http://geoportal.vumop.cz>

### **Poděkování**

Aplikace Protierozní kalkulačka byla vyvinuta ve spolupráci s Ministerstvem zemědělství České republiky.

**Kontakt:**

Ing. Hana Kristenová

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.

Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5 - Zbraslav

+ 420 257 027 227, kristenova.hana@vumop.cz