

6. přednáška

PREDIKCE EROZNÍCH PROCESŮ

*(Universální rovnice ztráty půdy – USLE –
principy výpočtu)*

modifikace:

RUSLE – revidovaná

MUSLE - modifikovaná

proč predikce ???

abych mohl pochopit proces a navrhnout opatření

empirické nebo simulační metody ???

empirické jsou překonané a zastaralé, ale jednoduché, pochopitelné a zaběhnuté.

Existují katalogová data

USLE

- jednoduchá
- zaběhnutá (jediná doporučovaná metoda u nás)
- s tradicí
- stabilní
- existují doporučené katalogy dat

USLE:

Universální rovnice ztráty půdy:

* $G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$ (t / ha-rok)

- jde o čistě empirický model erozního procesu
- autoři: W. H. Wischmeier a D. D. Smith
- byla odvozena 1965 v USA na mnoha experimentálních plochách

na mnoha místech USA zřízeny tzv. **jednotkové pozemky** – jednotné parametry: **délka 22,13 m**

sklon 9 %

trvalý úhor

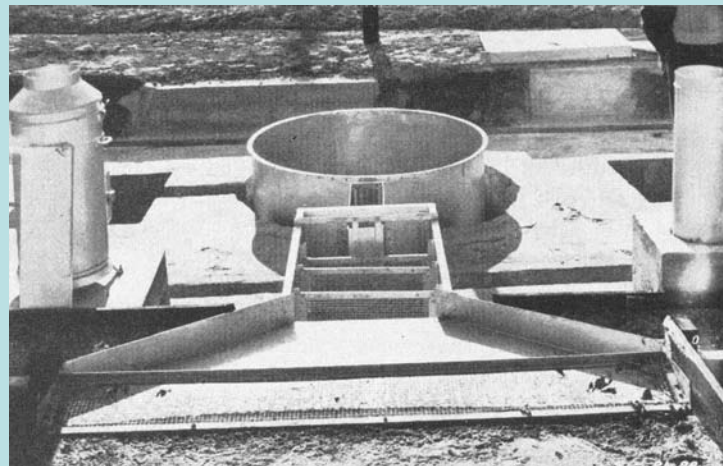
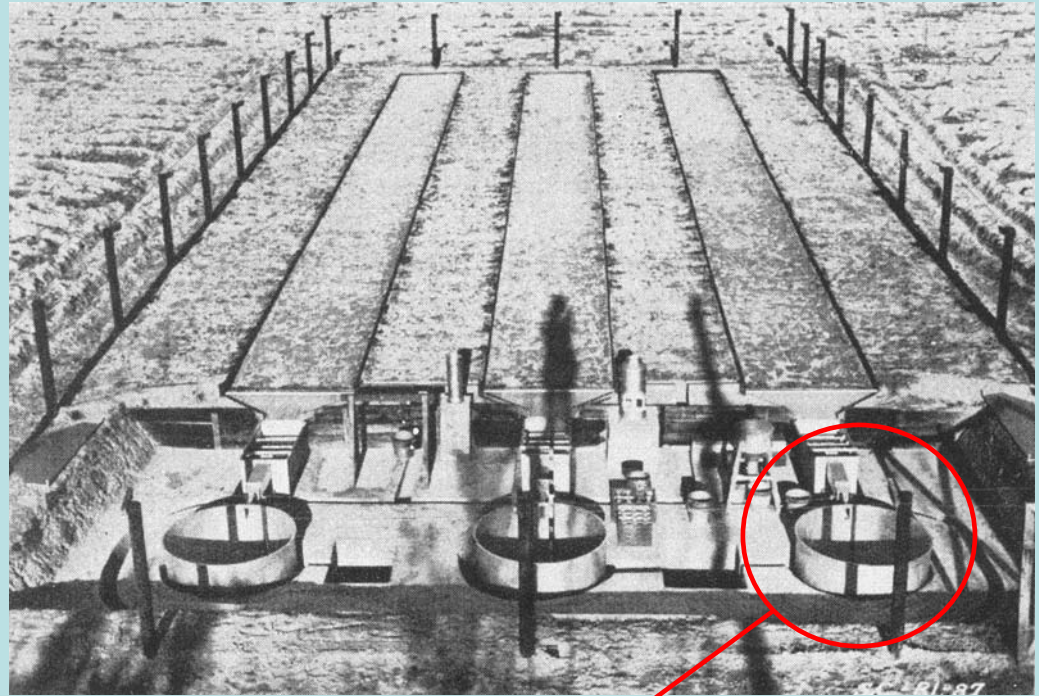
obděláván ve směru sklonu

na pozemcích: pozorováním eroze, měření smyvů – regresní analýzou byla odvozena závislost na 6 faktorech (viz. předešlé přednášky *)

Autoři, jednotkové plochy:



Dwight Smith (above) and Walt Wischmeier, "fathers" of the USLE.



22,13 m

9 %

úhor

Faktory USLE - R:

Faktor erozní účinnosti deště - R faktor:

vyjadřuje účinek srážek na velikost ztráty půdy

Ize ho stanovit ze vztahu:

$$R = E \cdot i_{30} \quad \text{kde}$$

R ... faktor erozní účinnosti deště (MJ / ha·cm / h)

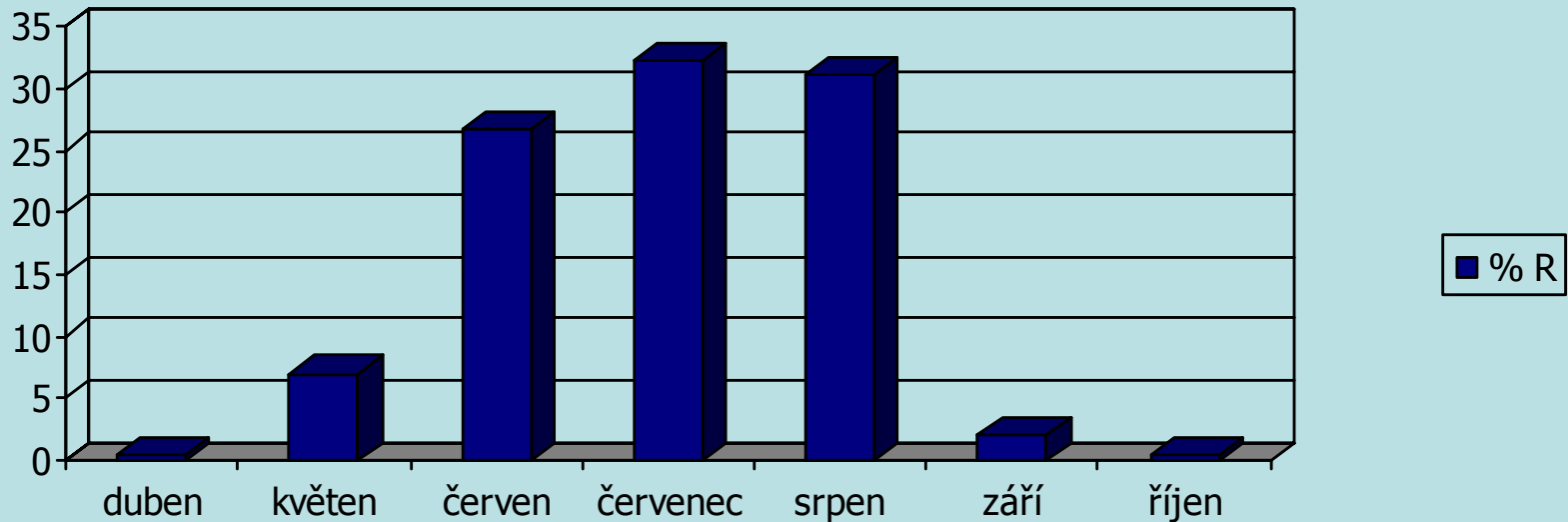
E ... celková kinetická energie deště (J / m²)

i_{30} ... maximální třicetiminutová intenzita deště

důležité je rozdělení R faktoru během roku (? pravděpodobnost výskytu srážky v době, kdy je ochranný účinek kultur malý)

měsíc	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen
R (%)	0,5	7,0	26,8	32,2	31,1	2,0	0,4

Graf – rozdělení R faktoru v průběhu vegetačního období



Průměrná hodnota R faktoru pro ČR = 20

Existuje přesnější regionalizace R faktoru – mapa izolinií průměrného R faktoru pro ČR (viz. 3. přednáška)

Hodnota R faktoru v ostatních státech Evropy je 40 až 55 => **reálná hodnota** pro ČR bude pravděpodobně **vyšší než 20**

Faktory USLE - K:

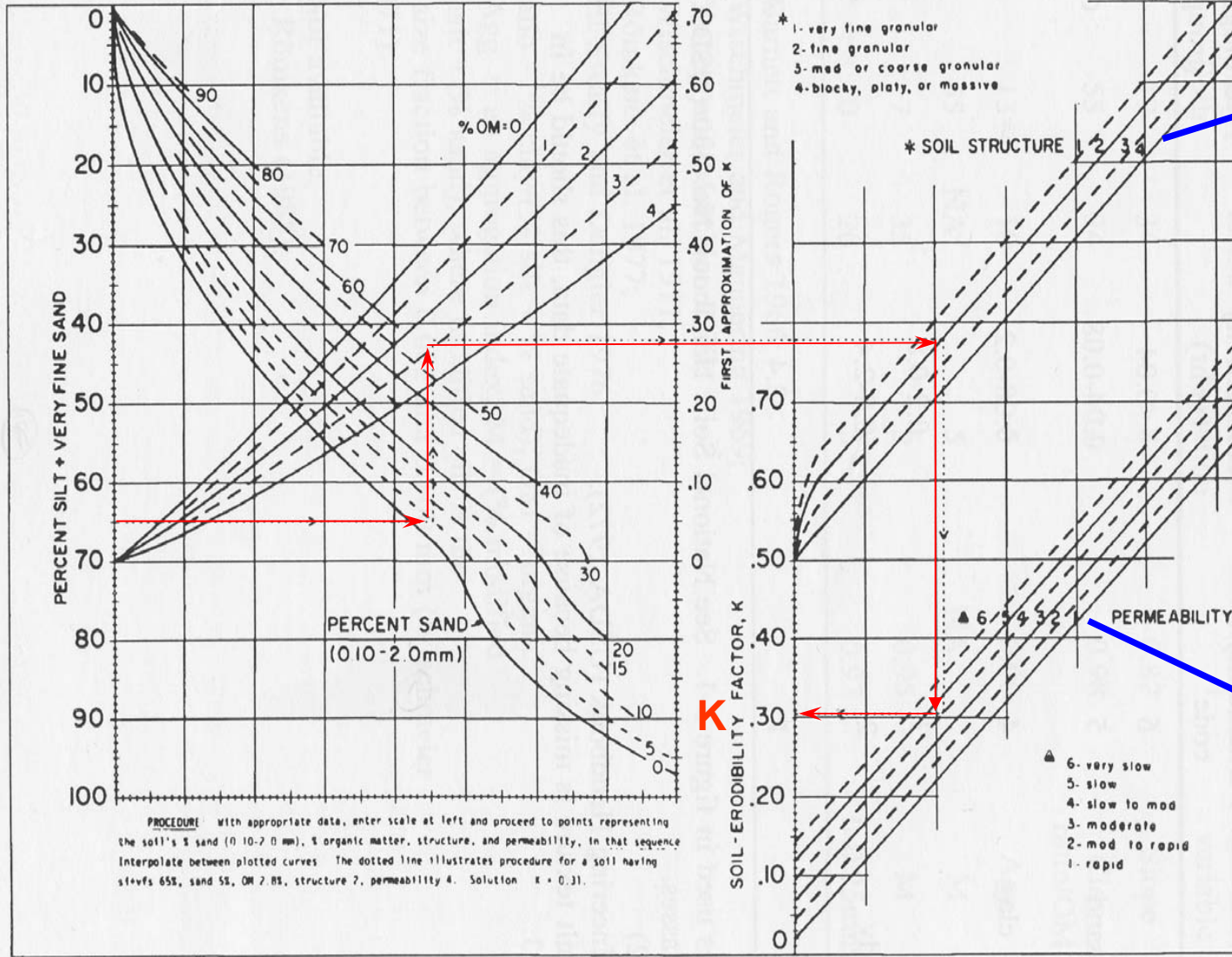
Faktor erodovatelnosti půdy - K faktor:

definován jako odnos půdy v tunách z 1 ha na jednotku dešťového faktoru R ze standardního pozemku; vyjadřuje vliv půdních vlastností na velikost ztráty půdy, závisí na textuře, struktuře, propustnosti, obsahu organické hmoty

Způsoby stanovení K:

- 1) z nomogramu
- 2) ze vzorce
- 3) z BPEJ, KPP - orientačně

Nomogram:



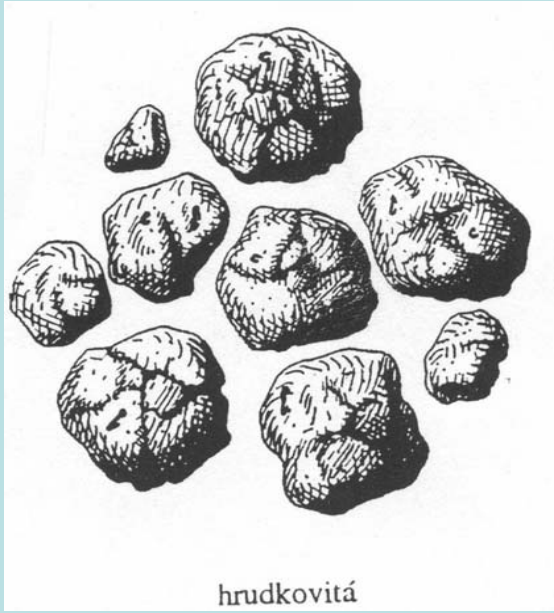
struktura půdy

- 1 – jemně drobovitá
- 2 – drobovitá
- 3 – hrudkovitá
- 4 – hrudkovitá

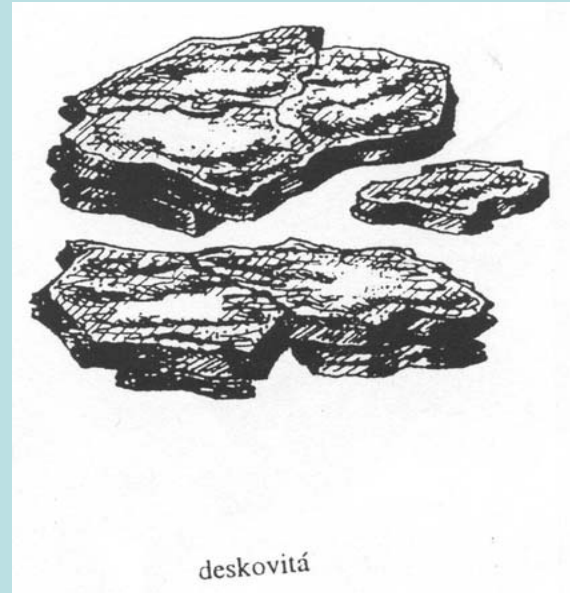
propustnost

- 1 – vysoká
- 2 – střední až vysoká
- 3 – střední
- 4 – nízká až střední
- 5 – nízká
- 6 – velmi nízká

Struktura půdy:



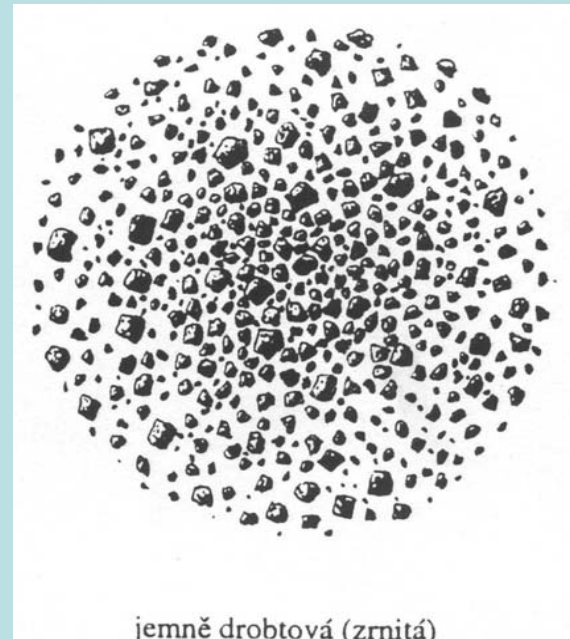
hrudkovitá



deskovitá



drobtová (zrnitá)



jemně drobtová (zrnitá)

Vzorec, BPEJ:

2)

$$100K = \left[2,1M^{1,4} 10^{-4} (12 a) + 3,25(b 2) + 2,5(c 3) \right]$$

% prachu+jemného písku
(0,002-0,1)x (100-%jílu)

% org.
hmoty

třída struktury ornice

třída propustnosti
půdního profilu

3) BPEJ – mapy 1 :5 000 na podkladě SMO, VÚMOP

BPEJ – bonitovaná půdně ekoligická jednotka; pětimístná kód:

1. – klimatický region (0 - 9)
2. + 3. – hlavní půdní jednotka (HPJ - 78)
4. – sklonitost + expozice (0 - 9)
5. – skeletovitost + hloubka půdního profilu (0 - 9)

Existuje tabulka na přiřazení K faktoru dle HPJ

Pomocné kódy : 230 = les

260 = haldy, navážka

290 = ostatní neplodná půda

300 = intravilán

340 = lomy

350 = vodní plochy

700 = vojenské prostory

99 = nebonitovaná zemědělská půda

Faktory USLE - LS:

Faktor délky a sklonu svahu - LS faktor:

zahrnuje vliv délky a sklonu svahu na velikost ztráty půdy – nazývaný též topografický faktor. Představuje poměr ztráty půdy na jednotku plochy řešeného svahu ke ztrátě půdy na standardní srovnávací ploše (22,13 m, 9 %)

odděleně jsou hodnoty L a S vyjádřeny jako:

$$L = (d / 22,13)^m \quad \text{kde}$$

L ... faktor délky svahu

d ... nepřerušovaná délka svahu (m)

m ... exponent, závisí na sklonu, rozmezí 0,1 – 0,5

$$S = (0,43 + 0,3 \cdot s + 0,043 \cdot s^2) / 6,613 \quad \text{kde}$$

s ... sklon svahu v %

Faktory USLE - LS:

Autoři doporučují počítat faktory L a S kombinovaně jako LS faktor

$$LS = L^p (1,36 + 0,97 \cdot s + 0,1385 \cdot s^2) / 100 \quad \text{kde}$$

LS ... topografický faktor

L ... délka pozemku, měřená od rozvodnice (m)

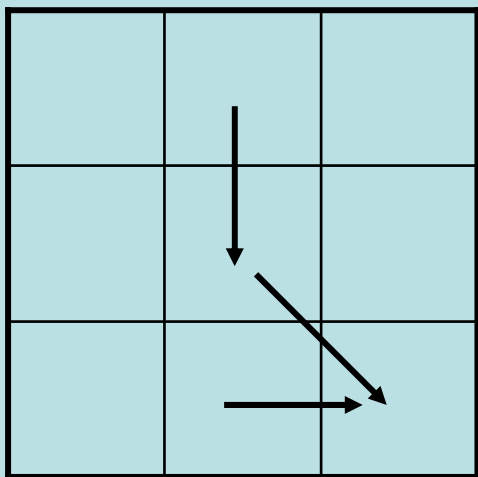
s ... sklon pozemku v %

p ... exponent, závisí na sklonu

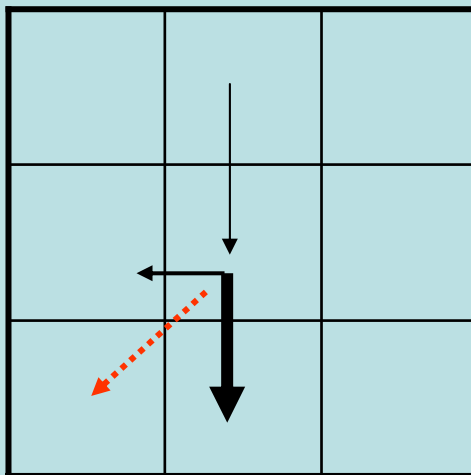
Pro rychlé stanovení LS faktoru lze použít nomogram
(M. Holý, Eroze a životní prostředí, 1994)

Při použití GISu pro výpočet ztráty půdy je výhodné použít program
USLE2D pro výpočet LS faktoru

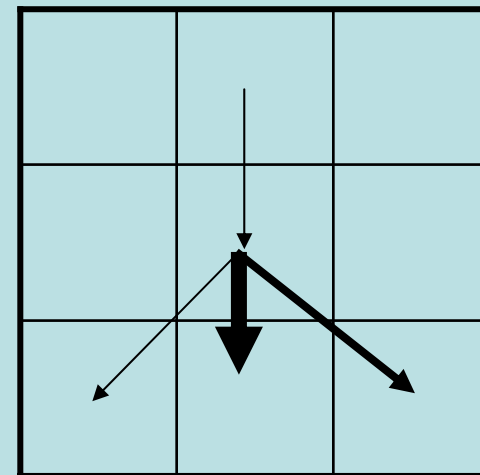
záleží na způsobu vedení směru odtoku v rastrové síti:



ve směru největšího sklonu



vektorový rozklad



v poměru sklonů

Faktory USLE - C:

Faktor ochranného vlivu vegetace - C faktor:

Hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace C představují poměr smyvu na skutečném pozemku s pěstovanými plodinami ke ztrátě půdy na pozemku s kypřeným černým úhorem při zachování stejných ostatních podmínek.

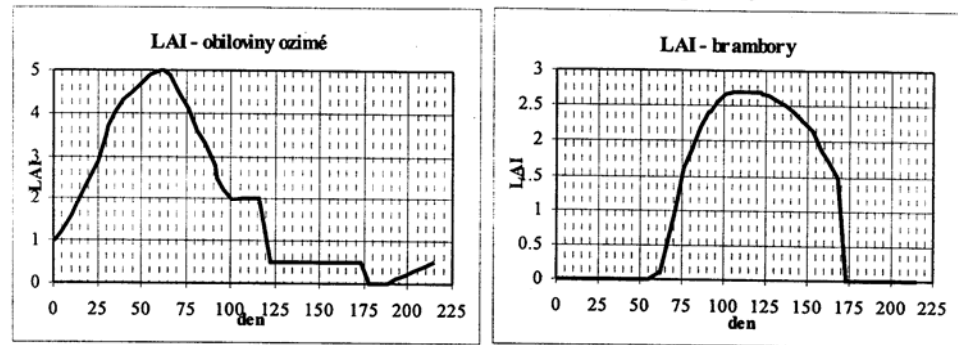
Faktor C – z **osevního postupu**, každá plodina má různý ochranný účinek (dle listové plochy na 1 m²)

Existují průměrné roční hodnoty C faktoru pro jednotlivé plodiny – nemá však smysl počítat erozi s uvažováním jediné plodiny na pozemku.

Řepa	1,6 m ²	Žito	15,6 m ²
Řepka	1,7 m ²	Jetel zvrhlý	22,7 m ²
Kukuřice	11,7 m ²	Jetel luční	26,4 m ²
Ječmen	14,4 m ²	Vojtěška	85,6 m ²

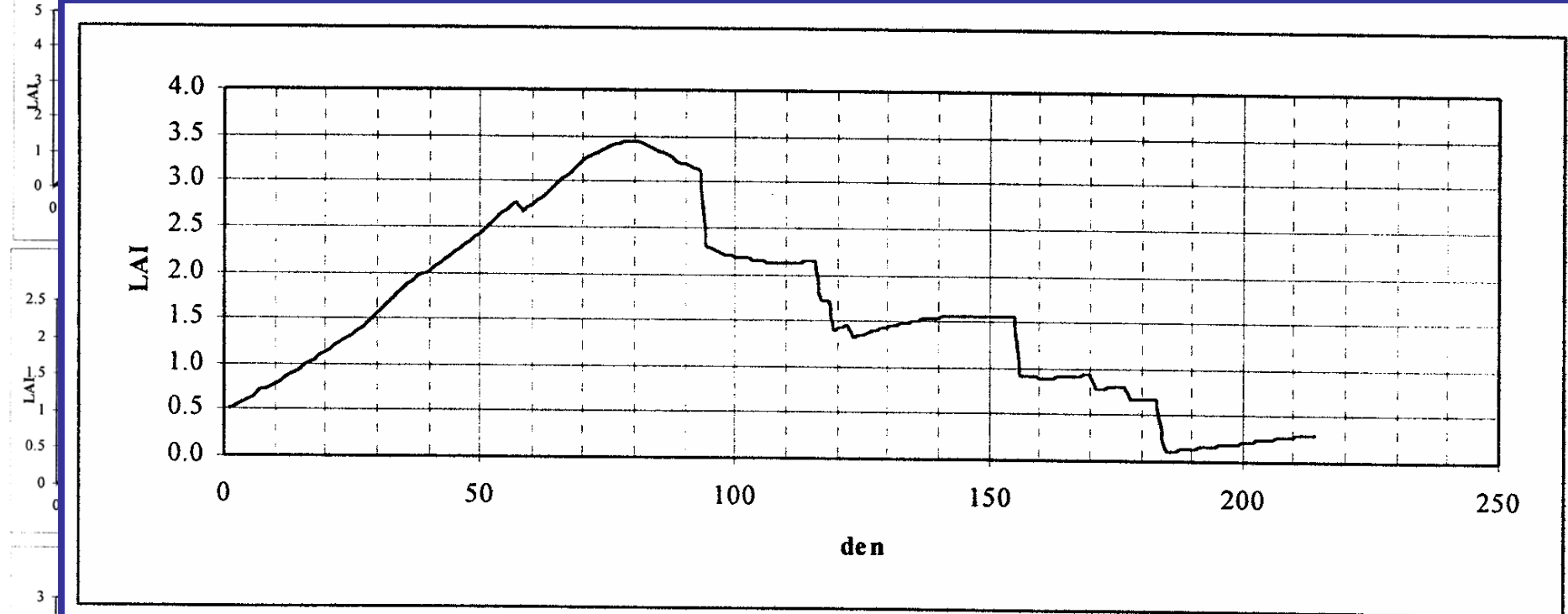
podíl listové plochy na 1 m²

Obr. 6.3. - Průběh hodnot LAI v období IV. - XI. pro základní plodiny

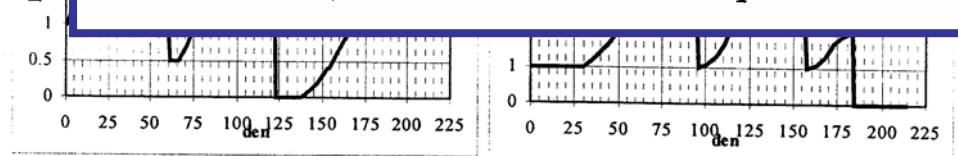


Vývoj poměrné plochy listové u různých plodin v průběhu roku

LAI - obiloviny jarní LAI - kukurďice



Obr. 6.4. - Průběh hodnot LAI v období IV. - XI. pro průměrný osevní postup na pozemcích orné půdy v povodí Martinického potoka.



Faktory USLE - C:

Faktor C lze určit přesněji v závislosti na vývojovém stádiu plodiny – 5 fenologických fází

1. fáze – hrubý úhor, orba až setí
2. fáze – období do jednoho měsíce po setí
3. fáze – období od jednoho měsíce do dvou měsíců po jarním nebo letním zasetí
4. fáze – růst a zrání osevu
5. fáze – zbytky plodin nebo strniště

Záleží na výskytu srážek v jednotlivých fenologických fázích

C faktor dle fenofází:

Období vývoje plodiny		Období kalendářní		C.B					
1. 2. 3. 4. 5. Roč	Plodina	Zařazení v osevním postupu	Použitá agrotechnika	Hodnoty faktoru vegetačního krytu a agrotechniky podle pěstebních období					
				1	2	3	4	5a	5b
3.	Obilniny	Po 1. roce po jetelovinách	OP	0,50	0,55	0,30	0,05	0,20	0,04
			St	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
		po obilninách	OP	0,65	0,70	0,45	0,08	0,25	0,04
			St	0,25	0,25	0,20	0,08	0,25	0,04
		po okopaninách a kukuřici	OP	0,70	0,75	0,50	0,08	0,25	0,04
			St	0,70	0,70	0,45	0,08	0,25	0,04
4.	Kukuřice	sláma předplodiny sklizena	OP	0,70	0,90	0,70	0,35	0,70	0,40
				O K	O K	O K			
			St	0,25 - 0,70	0,25 - 0,70	0,25 - 0,55	0,25	0,60	0,30
		sláma předplodiny nesklizena	OP	0,60	0,75	0,55	0,25	0,60	0,30
				O K	O K	O K	O K	O K	O K
			St	0,04 - 0,30	0,04 - 0,25	0,04 - 0,20	0,05 - 0,20	0,25 - 0,40	0,15 - 0,30
5.	do herbicidem umrtveného drnu	víceletých pícnin		0,02	0,02	0,03	0,03	0,05	0,03
		jílku jako ozimé meziplodiny		0,05	0,05	0,05	0,05	0,15	0,10
		v přímých řádcích libovolného směru		0,65	0,80	0,65	0,30	0,70	
Brambory, cukrovka									
Vojtěška								0,02	
Jetel červený dvousečný								0,015	
Víceletá tráva, louky								0,005	

Pozn.: 5a - sláma sklizena, 5b - sláma ponechána, O - po obilovině, K - po kukuřici, OP - setí do zorané půdy, St - setí do strniště

Roční průměry C faktoru:

z jednotlivých vývojových fází plodiny během roku je stanovena průměrná roční hodnota C faktoru

Plodina	Roční průměr C	Plodina	Roční průměr C
Pšenice ozimá	0,12	Ostatní okopaniny	0,48
Žito	0,17	Řepka	0,22
Ječmen jarní	0,15	Slunečnice	0,60
Ječmen ozimý	0,17	Mák	0,50
Oves	0,10	Ostatní olejniny	0,22
Kukuřice na zrn	0,61	Len	0,25
Luštěniny	0,05	Kukuřice na siláž	0,72
Brambory rané	0,60	Ostatní píceiny jednoleté	0,02
Brambory pozdní	0,44	Ostatní píceiny víceleté	0,01
Cukrovka	0,44	Zelenina	0,45



vliv ochranného účinku
vegetace byl testován na
experimentálních plochách



Faktory USLE - P:

Faktor faktor vlivu technických opatření - P faktor:

vyjadřuje poměr odnosu ze skutečného pozemku s aplikací určitého způsobu opatření proti pozemku udržovaném běžnou agrotechnikou bez využití ochranných opatření

Hodnota P – často se bere 1 (nejsou žádná ochranná opatření)

může se blížit k 0 za cenu extrémních finančních nákladů na technické opatření

<i>Protierozní ochrana</i>	<i>P faktor</i>
Orba po spádnici	1,00
Orba po vrstevnici	0,50
Brázdování	0,35
Pásové obdělávání	0,25
Terasy bez záchytného prostoru	0,20
Terasy se záchytným prostorem	0,10

Modifikace USLE:

RUSLE:

revidovaná universální rovnice ztráty půdy ; během 90. let došlo k přezkoumání USLE -> některé zásadní úpravy podnítily vznik RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation)

- RUSLE lze aplikovat i na území s nezemědělským využitím, je volně přístupná na internetu: <http://www.sedlab.olemiss.edu/rusle/>

Rozdíly oproti USLE:

- zpřesnění časového průběhu hodnot R faktoru v 15 – ti denním intervalu;
- zpřesnění časového průběhu K faktoru v důsledku zkuřňování, rozpadu půdních agregátů..;
- nové vztahy pro LS faktor;
- zpřesnění C faktoru (růst plodin v určitém intervalu)

- RUSLE vyřaduje větší množství vstupních dat
- existuje verze pro DOS (RUSLE 1) i WIN (RUSLE 2)

Modifikace USLE:

MUSLE:

jedná se o využití principů USLE se zahrnutím množství splavenin – zahrnutí transportního činitele v erozním procesu. Stanovuje množství splavenin z **přívalového deště v povodí o velikosti do 15 km²**. Je známa jako modifikovaná universální rovnice ztráty půdy (Modified Universal Soil Loss Equation)

$$G = 11,8 (Q \cdot q_p)^{0,56} \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad \text{kde}$$

G ... množství splavenin z přívalového deště (t)

Q ... objem přímého odtoku z přívalového deště (m³)

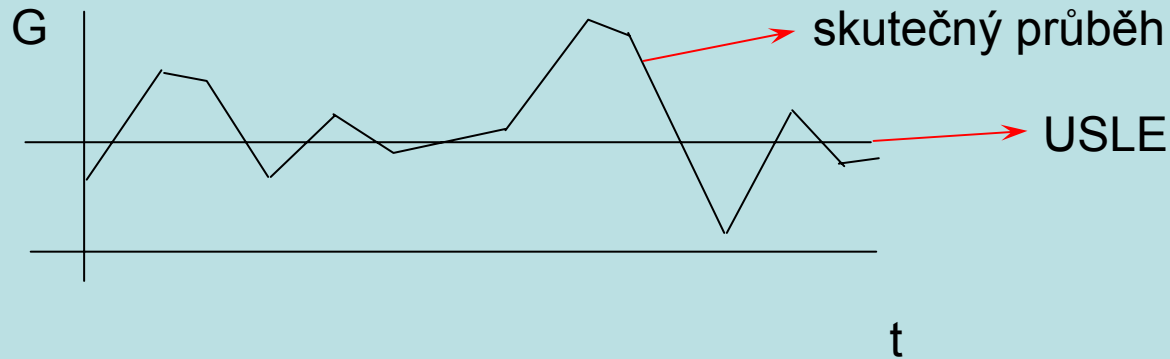
q_p ... velikost kulminačního průtoku (m³/s)

K,L,S,C,P ... faktory USLE

Odtoky – např. pomocí CN křivek

Použití USLE:

- nelze použít pro stanovení ztráty půdy z jedné hydrologické události – jedná se o dlouhodobé průměry



- nepočítá s vyšší formou eroze než s plošnou a rýžkovou (na 20 m svahu vyšší eroze nevznikne)

Použití USLE:

Odtokové profily nesmí být umísťovány do údolnice!



Použití USLE:

- Výstup z ULSE \neq množství splavenin !
- USLE dává množství uvolněných částic
- Pro stanovení množství splavenin přenásobit ztrátu půdy poměrem odnosu SDR (retence povodí, drsnost, relief..)