

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra geografie

**Bc. Dagmar BABILONOVÁ**

**Přehled zemědělských technik a principů obhospodařování  
krajiny ve vazbě na erozi půdy**

**Diplomová práce**

**Vedoucí práce: RNDr. Aleš LÉTAL, Ph.D.**

**Olomouc 2010**

Prohlašuji, že jsem zadanou diplomovou prací vypracovala samostatně dle pokynů vedoucího práce, odborných konzultantů a s použitím uvedené odborné literatury.

V Třinci dne 10.4.2010

.....

## **Poděkování**

Děkuji RNDr. Alešovi Létalovi, Ph.D. za cenné rady, konzultace a praktickou pomoc. Dále bych také poděkovala všem z řad odborníků, kteří měli svůj podíl na vzniku této práce. Děkuji všem členům mé rodiny za jejich velkorysost, trpělivost, dobře míněné rady a podporu.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
Přírodovědecká fakulta  
Akademický rok: 2008/2009

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Dagmar BABILONOVÁ**  
Osobní číslo: **R08723**  
Studijní program: **N1501 Biologie**  
Studijní obory: **Učitelství biologie pro střední školy**  
**Učitelství geografie pro střední školy**  
Název tématu: **Přehled zemědělských technik a principů obhospodařování krajiny ve vazbě na erozi půdy**  
Zadávací katedra: **Katedra geografie**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem diplomové práce bude podat přehled historických a současných technik a principů obhospodařování zemědělské půdy, které vyvolávají nebo zesilují erozi půdy. Práce je postavena na rešerši dostupné literatury se zaměřením na erozi půdy ve vztahu k zemědělským aktivitám.

Struktura práce:

1. Cíle a metody práce
2. Úvod do problematiky půdní eroze
3. Přehled zemědělských technik ve vazbě na erozi půdy
4. Další antropogenní faktory ovlivňující erozi půdy
5. Přehled historických a současných protierozních opatření
6. Závěr
7. Summary (česky a anglicky), klíčová slova - key words

Diplomová práce bude zpracována v těchto kontrolovaných etapách:

Sestavení osnovy DP (listopad 2008)

Rešeršní práce a sběr informací včetně kontaktu odborných institucí (únor- září 2009)

Selekce dat (září 2009)

Zpracování výsledků, textové části práce (říjen-prosinec 2009)

Finalizace práce (leden-duben 2010)

Rozsah grafických prací: dle potřeb práce  
Rozsah pracovní zprávy: 30.11.2008  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

**Beranová, M., Kubačák, A. (2010): Dějiny zemědělství v Čechách, na Moravě a ve Slezsku. Libri.**

**Novák, P. (2004): Historie zemědělské techniky. Profi Press, Praha. 140 s.**

**Stankovianský, M. (2003): Geomorfologická odezva environmentálních zmien na území Myjavskej pahorkatiny. Univerzita Komenského, Bratislava, 152 s.**

**Zachar, D. (1970): Erózia pôdy. SAV Bratislava. 528 s.**

Vedoucí diplomové práce: **RNDr. Aleš Létal, Ph.D.**  
Katedra geografie

Datum zadání diplomové práce: **30. listopadu 2008**

Termín odevzdání diplomové práce: **10. dubna 2010**

L.S.

Prof. RNDr. Juraj Ševčík, Ph.D.  
děkan

Doc. RNDr. Zdeněk Szczyrba, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Olomouci dne 30. listopadu 2008

# Obsah

<b>1. Cíle práce a metody práce</b> .....	8
<b>2. Úvod do problematiky půdní eroze</b> .....	9
2.1 Pojem eroze.....	9
2.2 Druhy eroze.....	9
2.2.1 Vodní eroze.....	9
2.2.2 Větrná eroze.....	12
2.2.3 Ledovcová eroze.....	14
2.3 Rozšíření eroze.....	14
2.4 Následky eroze.....	15
<b>3. Vývoj zemědělských technik ve vazbě na erozi půdy</b> .....	17
3.1. Vývoj eroze půdy (hlavní etapy možného zvýšení eroze).....	17
3.2 Přehled technik, které negativně ovlivnily erozi.....	23
3.2.1 Tvar pozemků.....	23
3.3.2 Zemědělské plodiny.....	24
3.2.3 Odlesnění.....	26
3.3. Zhutnění půdy.....	26
3.3.1 Zhutnění půdy a jeho negativní vliv na půdní prostředí.....	27
3.3.2 Zhutnění půdy a jeho negativní vliv na výši a jakost výnosů plodin.....	28
3.3.3 Soustava zúrodňovacích opatření k odstraňování zhutnění půdy.....	28
3.3.4 Zhutnění půdy – shrnutí.....	35
<b>4. Protierozní opatření</b> .....	36
4.1 Opatření proti vodní erozi půdy.....	36
4.1.1 Organizační protierozní opatření.....	36
4.1.2 Opatření agrotechnického charakteru.....	43
4.1.3 Opatření technického charakteru.....	54
4.1.4 Hrazení bystřin a strží.....	68
4.1.5 Ochrana strmých svahů před erozí.....	69
4.2 Opatření před větrnou erozí půdy.....	71
4.2.1 Organizační opatření před větrnou erozí.....	71
4.2.2 Agrotechnická opatření před větrnou erozí.....	72
4.2.3 Technická opatření před větrnou erozí a větrolamy.....	74

<b>5. Závěr .....</b>	<b>78</b>
<b>6. Summary.....</b>	<b>79</b>
<b>7. Použitá literatura .....</b>	<b>80</b>
<b>Přílohy</b>	

# 1. Cíle práce a metody práce

Cílem diplomové práce je podat přehled historických a současných technik obhospodařování zemědělské půdy, které vyvolávají nebo zesilují erozi půdy. Dále podává přehled opatření k omezení erozních procesů na půdě na přípustnou míru.

Diplomová práce byla zpracována převážně na základě studia odborné literatury zabývající se problematikou eroze půdy, zejména řešení problému protierozních opatření. Tato práce byly konzultovány s vědeckými pracovníky Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půd Brno.



## **2. Úvod do problematiky půdní eroze**

### **2.1 Pojem eroze**

Eroze (z latinského erodere, tj. rozhlodávat ) značí činnost vody, větru a ledu, která záleží v rozrušování a odnosu (denudaci) půdní hmoty zemského povrchu a v jejím přemísťování do jiných poloh, kde se tyto hmoty ukládají (akumulace) ve formě nánosů (Cáblík, Jůva, 1963).

Podle Janečka (2002) je eroze definována jako komplexní proces, zahrnující rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentaci uvolněných půdních částic působením vodou, větru, ledu a jiných tzv. erozních činitelů. Všeobecně se pod pojmem eroze půdy rozumí především mechanické rozrušování půdy vodou a větrem, popř. jinými destruktivními činiteli (sněhem, ledem apod.). Při tomto rozrušování dochází k transportu a sedimentaci uvolněných částic.

### **2.2 Druhy eroze**

Podle činitele, který způsobuje vznik eroze, rozlišujeme erozi: vodní, větrnou, sněhovou, ledovcovou, zemní a antropogenní. Druhy se vyskytují samostatně nebo v kombinaci; celosvětově způsobuje největší škody vodní a větrná eroze, nezanedbatelné účinky způsobuje také eroze antropogenní (Janeček a kol., 2002).

Tyto druhy eroze se mohou vyskytovat buď jednotlivě nebo v určité kombinaci a mohou mít též různý vznik, průběh i škodlivost. Ve velké míře rozhodují o způsobech protierozní ochrany půdy (Cáblík, Jůva, 1963).

#### **2.2.1 Vodní eroze**

Vodní erozi způsobuje kinetická energie dešťových kapek, které dopadají na půdní povrch a mechanická síla povrchově stékající vody při přívalových a dlouhotrvajících srážkách nebo jarním tání (Janeček a kol., 2002).

Hlavním znakem vodní eroze je, že tekoucí voda splachuje, vymílá a odnáší půdu a přemísťuje ji na jiná místa, kde se takto erodované hmoty usazují a hromadí. Tento erozní jev vzniká nejčastěji v oblastech, v nichž občasné deště přívalového charakteru nebo náhlá tání sněhu vyvolávají prudké povrchové odtoky, které pak erodují sklonité a náležitě nechráněné polohy. Při vzniku a během vodní erozi se ovšem

uplatňují různé podmínky, jako jsou ovzdušné srážky, územní reliéf, druh a typ půdy, jejich vegetační kryt aj., jenž rozhodují o jejím druhu, působnosti a účincích.

Druhy vodní eroze bývají označovány především podle toho, jak erodující voda působí. Jde-li jen o činnost mechanickou, mluvíme o korazi. Působí-li voda chemický při rozpouštění hornin, hlavně vápenců, jde o korozi. Jestliže voda vymílá horninu krouživým pohybem, nastává evorze. Obrušuje-li se při pohybu vody skalní podklad, např. na dně bystřiny, řečiště nebo na mořském pobřeží, vzniká obraze.

Přihlížíme-li k účinkům na půdu, může eroze působit jako:

a) **Eroze plošná** (vrstevná), při níž dešťový odtok splachuje zemité částice v tenké vrstvě z celého půdního povrchu (Cáblík, Jůva, 1963). Plošná eroze se projevuje smyvem půdy poměrně na celé ploše, selektivně postihuje nejjemnější půdní částice. Větší intenzitou deště dochází k postupnému soustředování povrchově tekoucí vody do stružek a rýh. (Pasák a kol., 1984). Nejintenzivněji působí plošná eroze tehdy, když prudký déšť dopadá na solně vyschlou půdu a tříští její nechráněný povrch. Poněvaž suchá a dobře provzdušněná půda se provlhuje zpočátku jen velmi nesnadno, hromadí se voda rychle na povrchu a zvyšuje plošný ron, který pak strhuje zemité částice orní vrstvy (Cáblík, Jůva, 1963). Při plošné erozi je půda erodována téměř rovnoměrně po celé ploše pozemku nebo určité části svahu. Čím je plocha svahu rovnější, tím jsou podmínky pro soustředování vody menší. Avšak ani dokonale urovnaný povrch nemůže zabránit soustředování vody na svahu do rýžek a proto se dá plošná eroze těžko oddělit od rýhové (Janeček a kol., 2002).

b) **Eroze rýhová** (brázdová), jestliže stékající voda vytváří v napadané ploše postupně se zvětšující rýžky a brázdy, které se postupně spojují a prohlubují ve větší zářezy hloubky 5-20 cm, výjimečně i více. Tyto erozní útvary, probíhající délkovým rozměrem ve směru územního sklonu, jsou přibližně přímočaré a navzájem souběžné, často však vlivem směru orby tvoří různosměrnou síť. V příčném řezu jsou ostře modelované, jak možno vidět na čerstvě nasypných a pečlivě urovnaných násypech, které byly dešťovým odtokem erodovány. Příčinou zvýšeného odnosu půdy není při rýhové erozi plošný splach jako u vodní eroze plošné, nýbrž hlavně vymílání vodou, jež postupně rozrušuje původně rovný povrch půdy rýhami i brázdami. Rýhová eroze je častá v krajích s intenzivnějšími dešti nebo s náhlým táním sněhu v jarním období a na půdách s malou vsakovací způsobilostí, takže se vytváří prudký povrchový odtok.

Tvorbu brázdiček může vyvolat již i méně vydatný déšť, rýhy se však začnou vymílat za přívalových dešťů nebo při často opakované erozi. Náchylné k tvorbě rýh jsou zejména půdy méně hutné a nesoudržné, dále půdy holé nebo chráněné nesouvislým porostem, jako jsou pole zoraná teprve na jaře apod. Rýhová eroze je na pohled patrnější než plošná, avšak i její účinek se zpočátku přehlíží, neboť upravováním půdního povrchu hospodářským náradím a zvláště pluhem, se rýhy snadno zahradí.

c) **Eroze výmolová** (stržová), vymílá-li dešťový odtok již hluboké brázdy, výmoly a strže. Obyčejně následuje po erozi rýhové jako další vývojový stupeň, zanedbá-li se včasné odstranění vznikajících rýh (Cáblík, Jůva, 1963). Prvním stádiem výmolné eroze je tedy eroze rýžková a brázdová. Rýžky a brázdy se postupně spojují a vytváří tak hlubší zářezy, které se prohlubují a výsledkem je rýhová eroze. Rýhová eroze přechází v erozi výmolovou. Výsledkem jsou hluboké výmoly a strže (typ balka, typ ovrag) (Janeček a kol., 2002). V četných případech však eroze počíná ihned výmolovou formou. Příčinou toho mohou být přirozené územní průlehy v polích, do kterých se soustřeďují dešťové a sněhové vody, dále nevhodné založené svahové cesty a příkopy, po spádu vedené pozemkové hranice, nesprávně umístěné ochranné lesní pásy, vozové koleje, lesní smyky apod. Také brázdy, vytvořené orbou po svahu, a meze nevhodného směru způsobují výmolovou erozi. Výmolové zářezy, které již nelze zahradit obvyklým zpracováním půdy, poškozují velmi citelně kulturně používané půdy, neboť často ničí rozsáhlé plochy polí, pastvin a lesů a znemožňují také řádné obhospodařování okolních pozemků. Jsou rovněž škodlivé tím, že dešťová voda rychle stéká do jejich porostů, aniž navlázila půdu. Často též nařezávají podzemní zvodněné horizonty, a tím snižují hladinu podzemní vody a vysušují okolní polohy.

d) **Eroze bystřinná a říční**, jestliže soustředěné dešťové odtoky a vodní proudy vymílají ve stržích, úžlabinách a údolích trvalá koryta. Bystřinná eroze vzniká v horských polohách s příkrými svahy, jenž jsou nedostatečně chráněny vegetačním krytem nebo jsou zcela holé. Tím dochází k rychlému soustřeďování a prudkému odtoku dešťových a sněhových vod, které pak silně erodují půdu a tvoří četné erozní brázdy, výmoly a strže. Obdobou bystřinné eroze je u údolních toků eroze říční, též zvaná proudová, která se projevuje prohlubováním a rozšiřováním řečišť, podemláváním břehů a svahovými sesuvy. Tuto rušivou činnost vyvolává buď pouhé tření rychleji proudící vody, nebo též vyorodované a vodou dopravované hmoty.

Je účinná zejména za průtoku velkých vod a v úsecích s větším podélným spádem, a tedy prudším proudem. Nestací-li již energie řeky k dopravě hmot, zůstávají zčásti ležet v řečišti a zanášejí je (Cáblík, Jůva, 1963).

**Tab. 1** Klasifikace škodlivosti plošné eroze podle intenzity odnosu (Zachar, 1970)

<b>Stupeň</b>	<b>Intenzita odnosu půdy erozí (mm.rok<sup>-1</sup>)</b>	<b>Hodnocení eroze</b>
<b>1</b>	do 0,05	nepatrná
<b>2</b>	0,05 – 0,5	slabá
<b>3</b>	0,5 – 1,5	střední
<b>4</b>	1,5 – 5,0	silná
<b>5</b>	5,0 – 20	velmi silná
<b>6</b>	nad 20,0	katastrofální

**Tab. 2** Třídění intenzity rýhové eroze podle délky erozních rýh (Zachar, 1970)

<b>Stupeň</b>	<b>Délka erozních rýh (km.km<sup>-2</sup>)</b>	<b>Hodnocení eroze</b>
<b>1</b>	pod 0,1	nepatrná
<b>2</b>	0,1 – 0,5	slabá
<b>3</b>	0,5 – 1,0	střední
<b>4</b>	1,0 – 2,0	silná
<b>5</b>	2,0 – 3,0	velmi silná
<b>6</b>	nad 3,0	výjimečná

### 2.2.2 Větrná eroze

Větrná eroze je přírodní jev, při kterém vítr působí na půdní povrch, svou mechanickou silou, rozrušuje půdu a uvolňuje půdní částice, které uvádí do pohybu a přenáší je na různou vzdálenost, kde se po snížení rychlosti větru ukládají. Pohyb půdních částic při větrné erozi může probíhat ve třech formách:

- pohyb nejjemnějších půdních částic ve formě suspenze, které jsou větrem zvedány  
a přenášeny na velké vzdálenosti, vznikají tak prašné bouře;
- pohyb půdních částic skokem, při němž dochází k přemísťování největšího množství půdní hmoty;
- pohyb půdních částic sunutím po povrchu půdy, kterými se pohybují větší a těžší částice.

K první a druhé fázi dochází působením turbulentního proudění přízemního větru s energií, jenž je schopna překonat gravitační síly půdních částic. Třetí fáze nastává při poklesu energie pod uvedenou mez.

Rozhodující složkou větrné eroze je vítr, jeho unášející síla je závislá na rychlosti větrného proudu, době trvání a četnosti i výskytu větrů. K pohybu půdních částic stačí někdy i malé rychlosti větru, ale nejsilnější erozní účinky nastávají při silných výsušných a dlouhotrvajících větrech na holých plochách.

K dalším klimatickým činitelům jsou pro větrnou erozi významné srážky a teplota vzduchu.

Důležitým faktorem ovlivňujícím průběh větrné eroze je stav a povaha půdy a odpor půdních částic. Ten je dán, kromě velikosti a tvaru částic, především strukturou půdy, vlhkostí půdy, drsností půdního povrchu a rostlinným krytem, který sehraává rozhodující roli při ochraně půdního povrchu před dynamickými účinky větru. Významná je také délka erodovaného území. Čím je delší území ve směru působení větru, tím se uvolňuje větší množství půdních částic. Z toho vyplývá, že přerušením délky území se zmenšuje intenzita deflace, což je možno dosáhnout např. výsadbou ochranných lesních pásů (Janeček a kol., 2007).

V zásadě se může větrná eroze vyskytovat po celý rok, nejškodlivější však bývá na jaře, které následuje po suché, sněhem chudé zimě. Z holých nebo vegetací málo zakrytých poli strhuje silný vítr vyschlou ornici, jemný písek i hnojiva, přenáší je do značné vzdálenosti a ukládá v závětrří na sousedních polích, v územních propadlinách, v příkopech apod. Prst' bývá odvívána zvláště silně na stepích, původně zatravněných územích, jenž byla později zorána a přeměněna na pole (Cáblík, Jůva, 1963).

**Tab.3** Ztráty půdy větrnou erozí.

<b>% částic &lt; 0,01 mm</b>	<b>odnos půdy t.ha-1.rok-1</b>
0	875,5
5	353,0
10	143,0
20	23,4
30	3,8
40	0,6
50	0,1

Zdroj: <http://www.mzp.cz>

### **2.2.3 Ledovcová eroze**

Ledovcová eroze je způsobená tíhou ledovce pohybujícího se směrem do údolí a přitom strhují a unášejí velká množství horninových zvětralin. Pohyb ledovců je v mnohém podobný pohybu tekoucí vody, avšak mnohonásobně pomalejší, podle měření na alpských ledovcích obecně 5-110 m za rok. Rychlost tohoto pohybu se mění hlavně podle sklonu podloží, také však podle ročních dob a let. Je největší uprostřed a při povrchu ledovcového koryta, kdežto při dně a okrajích klesá pro velké tření na skalnatém povrchu. Při pohybu ledovce obrušuje skalní podloží a unáší zbytky hornin do nižších poloh. Ze kterých se jejich ukládáním tvoří morény.

Ledovcová eroze se v současné době omezuje na velehorské polohy nad sněžnou hranicí, a je proto jevem u nás bezvýznamným a dnes prakticky nevyskytujícím (Cáblík, Jůva, 1963).

### **2.3 Rozšíření eroze**

Obecně se uznává, že zrychlená eroze půdy je vážným světovým problémem. Obtížné však je určit rozsah, velikost a rychlost půdní eroze a její důsledky pro hospodaření a životní prostředí. Odhaduje se, že množství sedimentů odnášených do oceánů vzrostlo z 10 miliard t . rok<sup>-1</sup> před zavedením intenzivního zemědělství (pastva) na 25 až 50 miliard t . rok<sup>-1</sup> v současnosti. Za tu dobu bylo zničeno erozí 430 mil.ha produktivních ploch. Současná degradace půdy erozí a jinými faktory vede k nevratné ztrátě produkce na ploše 6 mil. ha . rok<sup>-1</sup> úrodné půdy. Ztráta zemědělské

půdy erozí se odhaduje na 3 mil. ha . rok<sup>-1</sup>. Podle OSN produkce plodin na 20 milionech hektarů klesne na nulu nebo se stane neekonomickou z důvodu degradace půdy erozí.

Odhady ztrát půdy erozí ve světovém měřítku kolísají podle různých autorů mezi 0,088 mm.rok<sup>-1</sup> do 0,3 mm . rok<sup>-1</sup>.

Plošná a výmolná eroze se intenzivně projevují zejména v oblastech členitého reliéfu na spraších nebo hlinitých zvětralinách s nízkým vegetačním pokryvem. V Čechách je největší hustota strží na horninách permského a křídového útvaru, kde kaolinické a arkózovité pískovce snadno podléhají rozrušení proudící vodou. Strže se objevují zvláště v severní a východní částí Českého masívu (Janeček a kol., 2007).

Na území naší republiky je cca 50% zemědělské půdy ohroženo vodní erozí a téměř 10 % větrnou. Na převážné ploše erozí ohrožených půd není prováděna systematická ochrana, která by omezovala ztráty půdy na stanovené přípustné hodnoty, tím méně na úroveň, která by bránila dalšímu snižování mocnosti půdního profilu a ovlivňování kvality vod v důsledku pokračujícího procesu eroze (<http://ms.vumop.cz>).

## **2.4 Následky eroze**

V našich podmínkách je protierozní ochrana zvláště nutná na svazích s mělce uloženým skalním podložím a s vysokým obsahem šterku. Na území naší republiky je téměř polovina ploch orné půdy různým stupněm ohrožena erozí a vyžaduje důslednou protierozní ochranu. Větrnou erozí je ohroženo 10 % orných půd.

Podmínky pro výskyt erozních procesů jsou specifické, neboť při přechodu na velkovýrobní způsob obhospodařování a při další intenzifikaci zemědělské výroby byl problém eroze u nás značně podceněn. Následky zrychlené eroze zemědělských půd vážně ohrožují jejich úrodnost, včetně mnohamilionových škod v intravilánech měst a obcí, způsobovaných povrchovým odtokem a smyvem půdy ze zemědělských pozemků. V oblastech náchylných k větrné erozi jsou to škody na zemědělské produkci, zhoršení životního prostředí, zanášení komunikací, ohrožení zdraví obyvatel.

K částečné nebo úplné ztrátě úrodnosti půdy a to jak kvality, tak kvantity, dochází v důsledku mnoha různých procesů (zasolení, zamokření, odčerpání živin, zhutnění a rozpadu půdní struktury, dezertifikace, znečištění a ukládání odpadů, těžby nerostných surovin, urbanizace aj.)

Degradace půdy vlivem eroze vede ke snížení produkční schopnosti půd. Výzkumy bylo prokázáno, že po odstranění humusové vrstvy z půdy se výnosy snížily

až o 77%. Efekt snížení byl různý podle různých typů půd a plodin, ale všechny výnosy se snížily. Doplňkovým hnojením se výnosy sice zvýšily, ale nedosáhly úrovně výnosů na neporušeném půdním profilu. Výjimkou mohou být hluboké hnojené sprašové půdy, na kterých se vliv odstranění humusového horizontu neprojevil nebo jen minimálně.

Důsledkem snižování přirozené úrodnosti půdy jsou zvýšené náklady na udržení produkce (hnojiva, závlahy, speciální přípravky k udržení půdní struktury a optimální půdní reakce aj.)

Změna fyzikálních vlastností půdy je dalším důsledkem eroze. Zhoršování struktury má vliv na vodní režim půd, snižování obsahu vody dostupné pro rostliny. Na jílovitých půdách se snižuje infiltrační schopnost a vzrůstá povrchový odtok. Půda je náchylnější ke zhutňování a tvrdnutí, výsledkem je zvýšení potřeby energie pro agrotechnické operace. Na písčitéch půdách naopak dochází ke zvětšování pórů, zvýšenému výparu a průsaku do spodiny.

Eroze má vliv i na chemické vlastnosti:

- snižuje obsah organické hmoty a humusu v půdě
- snižuje obsah minerálních živin v půdě
- obnažuje podorničí s nízkou přirozenou úrodností a vyšší kyselostí.

Vzhledem ke snižování mocnosti povrchové vrstvy vlivem eroze dochází při zpracování půdy k mísení podorničí a ornice, tím dochází k ředění obsahu organických látek. Ztráta organické hmoty je provázena ztrátami hlavních živin, zejména N,P. Smyvem 1 cm půdy se ztratí 300 kg N. Ztráty humusu mají vliv i na využitelnost herbicidů. Erodované půdy s nižším množstvím organických látek snižují efektivitu herbicidů.

Biologická degradace půd je způsobena nadměrnou chemizací používanou kvůli snížené produkční schopnosti erodovaných půd. Dochází k úbytku celého edafonu.

Z mikroorganismů mají největší význam půdní bakterie a aktinomycety. Jejich množství v erodované půdě klesá, kvantitativně i kvalitativně je omezen mikrobiální život v půdě.

Eroze, snižující produkční schopnost půd a urychlující jejich degradaci, má nejen ekonomický dopad na uživatele půdy, ale působí mimo hranice pozemků, které často převyšují škody na samotných pozemcích (Podhrázská, Dufková, 2005).



### **3. Vývoj zemědělských technik ve vazbě na erozi půdy**

Jak z úvodní kapitoly vyplývá, jakékoliv obdělávání zemědělské půdy vyvolává erozi půdy. Podle použitých technik, kombinace se sklonovými poměry, délkou pozemků a typem pěstovaných plodin vzrůstá riziko eroze.

Během historického období vývoje zemědělství nastaly určité fáze, které ovlivnily negativně zvýšenou erozi půdy. Eroze půdy se mohla zvýšit použitými technickými prostředky, ale vzhledem k tomu, že používání moderních technik závisí na ekonomické síle, bylo používání moderních technik vázáno na zemědělské oblasti. Použití specifických technologií se promítl ve zvýšené erozi až ve 20. století. Použití standardních dostupných technologií orby, použití živé tažné síly a pluhu, dovovalo hloubku orby do 30 cm, někdy i méně (10cm). Teprve s použitím parní technologie a traktorů se hloubka orby zvýšila až na možných 50 cm.

#### **3.1. Vývoj eroze půdy (hlavní etapy možného zvýšení eroze)**

##### **1. etapa: Doba prehistorická**

V celém období doby prehistorické existovala jen jedna fáze prudkého rozvoje eroze půdy (konec mladší doby bronzové a období pozdního bronzu), na jejíž intenzitě se podílel člověk svou hospodářskou činností. Jednalo se v podstatě o odlesnění původní lesnaté oblasti nebo využití přirozeného bezleží v nižších nadmořských výškách.

##### **2. etapa: 5.-12. století**

Období 5. – 9. století našeho letopočtu se vyznačuje ochlazením a zvlhčením klimatu, jehož dokladem je zřetelný postup alpských ledovců, zaznamenaný ze sledu sedimentů temnějších rašelinišť. Toto období tedy bylo vhodné pro rozvoj eroze půdy proudící vodou (Stehlík, 1981).

Pro rozvoj zemědělství byl klíčový vynález zdokonalého těžkého pluhu, vhodného k orbě těžkých půd (namísto dřevěného háku nebo plazového oradla) (Löw, Míchal, 2003).

V této době byla pravděpodobně intenzita eroze půdy podpořena právě zaváděním mohutnějších radlic a pluhu, který na rozdíl od rádla půdu nejen kypřila, ale také obracel.

Celá další tři století (10., 11., 12. století) jsou patrně obdobím pozvolného vývoje zemědělské rostlinné výroby. Převažujícím systémem zemědělské rostlinné výroby zůstává přílohové hospodářství, hlavním orbním prostředkem rádlo a rovněž skladba pěstovaných plodin se výrazně nemění. V rovnocenné míře byly pěstovány proso a pšenice, přičemž spolu s rozšiřujícím se přílohem počíná převládat měkká pšenice obecná, které lépe než prosu vyhovoval přílohovým systémem hospodářství relativně vyčerpávaný půdní fond (Stehlík, 1981).

Z dalších plodin, které se prokazatelně pěstovali můžeme jmenovat hrách, proso a okurky. Byla zde jistě i mrkev, zelí a další plodiny. Pěstovalo se i koření kterým se ochucovala jídla - kmín, majoránka a další (<http://cea.livinghistory.cz>).

Rozloha polí se pravděpodobně poněkud zvětšila, pole si však zachovala protierozně výhodné olemování širokými zatravněnými úvratěmi. Je tedy pravděpodobné, že v souvislosti se změnou klimatických podmínek i antropogenní faktor přispíval k utlumení intenzity procesu eroze půdy proudící vodou v tomto období.

### **3. etapa: 13.-15. století**

Etapa, ve které můžeme předpokládat podstatné zvýšení vlivu hospodářské činnosti člověka na rozvoj eroze půdy, je období 13. – 14. století. Výrazný vývoj eroze půdy v tomto období byl patrně vázán na výraznou klimatickou změnu, ochlazení a zvlhčení klimatu, doloženou krátkodobým postupem alpských ledovců v letech 1200 až 1350, a radikální změnou celého komplexu systému zemědělské rostlinné výroby na území celé západní a střední Evropy.

Hlavním systémem zemědělské rostlinné výroby se v této době stává úhoření, především jeho nejznámější a nejrozšířenější forma, trojpolní systém. Obdělávaná pole byla stálá a určená především pro pěstování obilovin. Prvním rokem se sel na poli ozim, druhým rokem jař, třetím rokem pole odpočívalo jako úhor a čtvrtým rokem nastupoval opět ozim jako první člen opakované rotace. Úhory pak sloužily jako společná pastviště pro dobytek a z tohoto důvodu byly všechny pozemky rozděleny do tří honů, tratí tak, aby úhory, ozimy a jařiny byly vždy v jednom honu. Podle zásadu obůry byly polnosti v jednotlivých honech obdělávány současně všemi v obci zastoupenými hospodáři. Mělká křížová orba rádlem současně s touto změnou využití pozemků ustupuje daleko

hlubší, obracením půdy provázené orbě pluhem. Jednosměrná orba pluhem vyžaduje změnu tvarů pozemků v protáhlé pásy s úvratěmi pouze na koncích delších stran parcely. Ze skladby rostlinné výroby mizí postupně na živiny náročné proso, omezuje rozsah pěstování pšenice a nejvíce pěstovanými plodinami se stávají žito a oves.

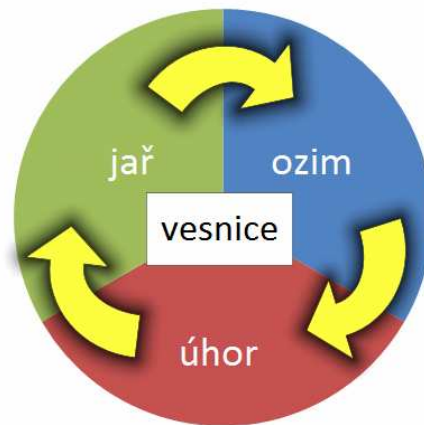
Obecný růst počtu obyvatel, imigrace selského obyvatelstva se sousedních zemí v rámci kolonizace, spolu s bouřlivým růstem nezemědělských městských sídel, vyvolaly nutnost rychlého růstu objemu zemědělské rostlinné produkce. Tento problém byl řešen rozsáhlým rozšířením orné půdy na úkor lesního krytu vysoko do oblastí členitých pahorkatin a vrchovin území našeho státu. Ve vrcholné fázi tohoto vývoje v průběhu 14. století se v řadě erozně exponovaných oblastí Českých zemí vyvinul velmi nepříznivý poměr mezi rozsahem lesní a zemědělské půdy.

Posuzujeme-li změny v komplexu zemědělského výrobního systému z hlediska možnosti jejich působení na rozvoj nadměrné eroze půdy, musíme jim nutně přisoudit velký význam. Změna tvarů polí vyvolala značné snížení protierozního účinku zatravněných úvratí a vedla také ke značnému prodloužení erozně nebezpečné, nepřerušené délky svahů. Monokulturně laděné obhospodařování honů mělo za následek zánik protierozního vlivu dříve pestré mozaiky kulturního rostlinného krytu. Hlubší orba pluhem vystavovala účinkům erozního procesu na povrch pole vyorávané méně strukturní a v důsledku toho snadněji rozplavitelné hlubší částí půdního horizontu. Rozdělení honu na úzké, často do skladu naorávané záhony, mělo za následek vznik husté osnovy hlubších brázd, tvořících síť odtokových os na povrchu honu, v nichž soustředěný odtok srážkových a tavných vod podstatně umocňoval intenzitu procesu eroze půdy proudící vodou. Z hlediska vlivu tehdejší agrotechniky na rozvoj eroze půdy je nutno brát do úvahy i to, že převážně obilnářská výroba při trojpolním systému s jednoletým úhorem rychle vyčerpávala půdu a ničila její přirozenou protierozní působící strukturu. Jednoletý úhor nedostačoval k regeneraci půdy a k odstranění plevelů. Tyto nedostatky byly alespoň z části vyrovnávány buď i nedostačujícím hnojením a dokonalejším zpracováním půdy, při němž vláčení pole a drobení hrud se stalo naprostou nutností. Musíme tedy předpokládat, že na zahlazeném povrchu dosud neporostlého pole byl účinkům eroze půdy vystaven málo strukturní materiál, přičemž hloubka orby (asi 30 cm) neovlivnila příliš možnost rozsáhlejšího zásaku povrchových vod, jejichž odtok po hladkém povrchu pole byl jistě provázen rozsáhlým smyvem a stružkovou erozí půdy.

Rozsah devastace půdního fondu erozí půdy v době vrcholné fáze středověké kolonizace dosáhla pravděpodobně značných rozměrů, byl však poněkud ztlumen poměrně krátkou dobou působení příznivých klimatických i antropogenních podmínek a také značným časovým i prostorovým rozptylem působení vhodných antropogenních vlivů. Vzhledem k uvedenému rozptylu mohutné váhy antropogenního vlivu a ke značné váze přírodního vlivu, reprezentované intenzitou klimatické změny z klimatického optima 11. – 12. století k „podružné době ledové“ 13. a 14. století, můžeme předpokládat, že přírodní a antropogenní složky vlivu působily v „erozním cyklu 13. a 14. století“ dosud rovnovážnou mírou.

Extenzivní rozvoj zemědělské výroby ve 13. a 14. století, spočívající v zavadení trojhonné soustavy a kolonizaci dříve lesních území, byl koncem 14. a začátkem 15. století zbrzděn v důsledku výskytu morových epidemií, husitských válek a hospodářskými potížemi pramenícími ze snížení úrodnosti erozně exponovaných polí. Důsledkem těchto jevů bylo rozsáhle pustnutí a zanikání zemědělských osad v řadě oblasti území Čech a Moravy. Zemědělská produkce v následující 2. polovině 15. století sice zaznamenává opět znatelný vzestup. Tento vzestup je však vázán především na prostor z hlediska rozvoje eroze půdy nebezpečných rovinných a pahorkatinných terénů.

V téže době a dále po celé 16. století je monopolní postavení obilnářství v systému středověké a raně novověké zemědělské výroby narušeno rozvojem dalších zemědělských výrobních oborů, rozvojem rybníkářství a chovu ovcí. Začíná se také projevovat snaha o specializaci zemědělské výroby a počíná se rýsovat první náznak vzniku oblastí se specializovanou zemědělskou výrobou. Objevují se také první snahy o nahrazení trojpolního systému systémem střídáního pěstování plodin. Problém nutnosti zajištění potravy pro zvyšující se počet obyvatel, jehož nezemědělská složka se trvale rozšiřuje, je řešen intenzifikací zemědělské výroby. Do tétoho období spadá i druhá kolonizační vlna na území Čech a Moravy. Pozdě středověká a raně novověká kolonizační vlna je zřetelně poznamenána individualizací zemědělské výroby, jež se projevuje především ve formě parcelace zakládání katastrů. V nově zakládáních katastrech je půdní fond členěn v různé typy záhumenicových plužin, které skýtaly možnost uplatnění účinné protierozní ochrany půdy vhodným rozmístěním výrobních ploch v členitém reliéfu. Snad pouze růst ploch pozemků obhospodařovaných panskými dvory, mohl být příčinou zintenzívnění eroze půdy v tomto období.



**Obr. 1** Schéma trojpolního systému  
(www.wikipedia.cz, 7.4. 2010)

#### **4. etapa: 16.-19. století**

První polovina 17. století je obdobím významné, pro rozvoj eroze vhodné klimatické změny. Pro území Českých zemí je však toto období také obdobím prudkého poklesu počtu obyvatel a rovněž prudkého poklesu intenzity zemědělské výroby v důsledku 30léte války. Pokles úrovně zemědělské výroby je sice ve druhé polovině 17. století zastaven rozvojem rostlinné výroby na dominikální půdě, ale přesto zřetelná stagnace zemědělské výroby trvá dále až do poloviny 18. století. Celé toto období můžeme považovat za období trvalého, ale nepříliš intenzivního projevu erozních procesů.

Teprve v dalším období (1750 – 1850), tedy v období konce tzv. „malé doby ledové“ dochází v důsledku závažných změn v systému zemědělské výroby k novému oživení erozních procesů, jejichž existence byla i pro území Českých zemí prokázána studiem historických pramenů. Příčinou oživení erozních procesů v tomto období bylo patrně postupné rozorání úhorů a pastvin, spjaté s přechodem od trojhonné soustavy ke střídavému pěstování polních kultur (čtyřpolní) (Stehlík, 1981).

Střídavá zemědělská soustava hospodaření umožňovala zvýšení výnosu nejméně polovinu. Při střídavém hospodaření se na poli střídaly nejméně čtyři plodiny a žádná z nich nebyla setá příští rok na stejné pole (Löw, Míchal, 2003).

**Tab.4** Schéma střídavého (čtyřhonného) osevního systému (Löw, Míchal, 2003)

<b>První rok</b>	Ve vlhčích oblastech luskoviny (čočka, hrách, fazole pro vlastní potřebu), len, řepka, jetel, krmné směsí V sušších oblastech vojtěška nebo vičenec
<b>Druhý rok</b>	Ozimé obilí (zpravidla žito a pšenice)
<b>Třetí rok</b>	Okopaniny ve vlhčích oblastech (brambory) V teplejších oblastech cukrovka
<b>Čtvrtý rok</b>	Jař (zpravidla ječmen a oves)

Současně s touto změnou v systému zemědělské výroby probíhá i významná změna ve skladbě rostlinné výroby, charakterizovaná částečným omezením pěstování obilí a rozšířením ploch k pěstování pícnin a hlavně okopanin. Ve výše položených oblastech, v území textilních center, dosahuje značného pěstování lnu. Také vývoj živočišné výroby, charakterizovaný značným rozšířením chovu skotu a hlavně ovcí, má nepříznivý dopad projevující se omezením protierozní funkce lesních porostů i pastvin.

K uvedené kumulaci pro rozvoj eroze půdy vhodných podmínek klimatických a hospodářských přistupuje v letech 1750 – 1850 rovněž aspekt sociologický, reprezentovaný prudkým růstem obyvatel Českých zemí, ale také postupným vytlačováním zemědělské činnosti ekonomicky slabší vrstvy maloročníků a v zemědělské výrobě jen částečně aktivní vrstvy venkovské chudiny do prostorů s horšími přírodními a pro rozvoj eroze půdy příznivými podmínkami.

Podle výčtu podmínek, působících na rozvoj eroze půdy v letech 1750 – 1850, můžeme usuzovat, že v tomto období poprvé na území Českých zemí se stává antropogenní vliv převažující složkou v komplexu podmínek, působících na zvýšení intenzity erozního procesu. Nasvědčuje tomu také okolnost, že tento „erozní cyklus“ působí v neztenčené míře i po roce 1850, tedy po doznění období vhodných podmínek klimatických, projevivším se výrazně poklesem průtoků na českých tocích. Rozvoj erozních procesů po roce 1850 pokračuje v takovém rozsahu, že řešením hospodářských problémů jím vyvolaných se musí zabývat statní orgány, až konečně v roce 1875 zákon o zvelebení zemědělství zemědělskými i vodními stavbami, hlavně regulačními a melioračními, vytváří pevnou základnu pro řešení alespoň těch nejpalčivějších a nejmarkantnějších problémů eroze půdy. Soustavné zalesňování a zpevňování strží, které v Českých zemích započalo v roce 1891, bylo významným aktem protierozní ochrany a v krátké době výrazně zabzdilo rozvoj stržové eroze. Rovněž intenzita

rozvoje plošného smyvu a stružkové eroze byla koncem 19. a začátkem 20. století do značné míry zabrzděna zvětšením rozmanitosti kulturního rostlinného krytu, který na drobných selských parcelách vytvářel pestrou, vhodně protierozně působící mozaiku, charakteristickou především pro erozně nebezpečné členité terény.

### **5. etapa: Konec 19. století -1948**

Období konce 19. století a první poloviny 20.století můžeme tedy považovat za období, ve kterém antropogenní faktory, spjaté s tradicí vžitým systémem protierozní ochrany a státem řízenou protierozní ochranou, podstatně omezují intenzitu projevu eroze půdy proudící vodou na území ČSR. Tento jev je patrně výsledkem dočasné stabilizace kapitalistického systému zemědělství, k němuž došlo po roce 1948.

Hlavní podmínkou uvedeného vývoje působení erozních procesů bylo úspěšné rozvíjení zemědělské malovýroby, k němuž směřovaly všechny zemědělské reformy od poloviny 18. století do roku 1950. Změna společného řádu v roce 1948 přerušila kapitalistický vývoj zemědělství a jeho socializace vytvořila zcela nové podmínky antropogenního vlivu zemědělské činnosti člověka na rozvoj intenzity eroze půdy proudící vodou na našem území (Stehlík, 1981).

## **3.2 Přehled technik, které negativně ovlivnily erozi**

### **3.2.1 Tvar pozemků**

#### **Tvar pozemků vycházející z trojpolního systému**

Jak je uvedeno v předešlé kapitole Vývoj eroze půdy, trojpolní zemědělská soustava změnila základ struktury naší krajiny. Potřeba společného postupu při zařazení pozemku do jednoho stadia soustavy vedla k rozdělení plužiny na trojice ucelených a zhruba stejně velkých částí – tratí. Tak vznikla traťová plužina. Protože však trojpolní systém druhotně vytlačoval i starší systém přílohový s úsekovou plužinou, projevila se snaha po zcelení stabilizovaných úseků do tratí. Tak vznikla nepravá traťová plužina. V době, kdy byly osídlovány příhodnější enklávy i v extrémně nepříznivých lesních oblastech hornatin s členitým reliéfem, vznikly lesní lánové vsi s plužinou délkovou či záhumenicovou, signalizující nemožnost odlesnění celého území v obvyklém poloměru docházky 1,2 km. Plužina zde tedy byla menší a docházková vzdálenost ze sídla mnohem kratší. Každý statek zde měl své pozemky soustředěné v jednom pásu.

Pevná lokalizace bloků polí (úseků a tratí) a jejich pevné hranice vedly ke vzniku pevné cestní sítě a sítě spontánních reliéfních hran (naorané a sedimentované meze snižující sklon pozemků). Erozní procesy, závislé na zrychlování či zpomalování povrchového odtoku srážek, probíhaly do značné míry podle těchto osnov a výrazně pozměnily mezoreliéf i mikrorelief členité krajiny. Vnitřní členění bloků polí bylo řemenovitě v souladu s využíváním těžkých pluhů. (Löw, Míchal, 2003).



**Obr. 2** Příklad pozdně středověké plužiny lesní lánové vsi (podle Löw, Míchal, 2003)

### **Tvar pozemků po 2. světové válce – kolektivizace**

Kolektivizace v zemědělství, proslavená oráním mezí v letech padesátých, odstartovala v krajině nejintenzivnější erozní procesy od konce doby ledové. Společně s nevhodnými plodinami (širokořádkové obilniny, okopaniny) vedla paušální intenzifikace k zesteplení odtokových poměrů v horních částech povodí, k zanášení drobných vodotečí a k zásadním změnám povodňových režimů v nivách, které se měnily v mokřady a bažiny (Löw, Míchal, 2003).

### **3.3.2 Zemědělské plodiny**

Obecně platí, že na vysoce svažitéch pozemcích (nad 12°) by se mělo vyloučit pěstování širokořádkových plodin (kukuřice, brambor, řepy, bobu setého, sóji, slunečnice).

Při intenzivních dešťových srážkách má velký význam poměr mezi infiltrací vody do půdy a povrchovým odtokem vody. Nízká infiltrace a velký povrchový odtok srážkové vody představují při přívalových deštích riziko lokálních povodní a na orné



půdě vysoké riziko vodní eroze půdy v případě, že na pozemcích jsou pěstovány širokořádkové plodiny – rozsahem pěstitelských ploch jednoznačně převažuje kukuřice, ale poškozování půdy vodní erozí hrozí i u dalších plodin (cukrovka, slunečnice, brambory). Uplatňování konvenčních technologií zpracování půdy a setí při pěstování širokořádkových plodin, zvláště na lehčích půdách a při absenci dalších protierozních opatření, představuje trvalé riziko pro úrodnost půdy a přináší ekologická a další rizika (ohrožení vodních zdrojů, zanášení vodních nádrží, škody v intravilánech obcí) (<http://www.cukr-listy.cz>).

Současně je ale třeba najít vhodnou náhradu za zmiňované širokořádkové plodiny. Jejich hlavním představitelem je kukuřice, obecně velmi rozšířená v nejrůznějších oblastech, včetně vyšších poloh a často i na svažitéjších pozemcích. Kukuřice má bezesporu velký význam jako kvalitní pícnina pro krmení hospodářských zvířat a navíc se v poslední době stále více uplatňuje i v bioplynových stanicích. Proto není snadné najít za kukuřici plnohodnotnou náhradní plodinu.

Vhodně využití netradiční technologie s uplatněním mulče při pěstování širokořádkových plodin mohou přispět nejen k ochraně půdy, ale i ke zvýšení množství vody v půdě přístupné pro rostliny (<http://biom.cz>).

Od 18. století se stává významným faktorem hospodářské využívání těchto nových plodin – brambor, kukuřice a pícnin.

Rozšíření pěstování brambor radikálně zvyšuje úživnost klimaticky dosud nevhodných poloh, znamenalo tedy zvětšení produkce brambor v chudších oblastech Evropy a tím umožnilo v nich vysoký nárůst populace. Rozšiřující se pěstování brambor v podhorských oblastech vedlo k radikálně proměně odtokových poměru v těchto územích a ke zhoršení povodňového režimu dolních toků řek a ztěžuje v dalším období využívání jejich širokých niv, které je stále více odkázáno na meliorační opatření.

Limitem zastavující další rozvoj produkce se stal nedostatek živin do půdy (pěstování obilovin bez střídání vyčerpává půdu). Trojpolní zemědělská soustava tak dosáhla svých maximálních možností a prahu výnosnosti na dané energetické úrovni. Další rozvoj byl možný pouze za cenu trvalého přísunu dodatkové energie (Löw, Míchal, 2003).

### 3.2.3 Odlesnění

Nejintenzivnější odlesňování začalo v 15. století a trvalo zhruba do druhé poloviny 17. století. V tomto období byly odlesněné a zdevastované rozsáhlé plochy nad horní hranicí lesa. Vypálením a vyrubáním kosodřeviny a lesa při jeho horní hranici byla zničena původní přírodní rostlinná společenstva.

Odlesnění na horní hranici lesa a odstranění kosodřeviny mělo za následek zvýšení větrné, mrazové a dešťové eroze, častěji vznikaly sutiny a kamenné laviny. Změnila se retenční schopnost a odtokové poměry v území. Zvětšilo se množství sněhových lavin (<http://www.priroda.cz>).

V souvislosti s nástupem vrcholné kolonizace a odlesňováním rozsáhlých území vrchovin nastala povodňová aktivita v nivách. Tento proces vrcholil v pozdním středověku a v novověku, kdy se dokončuje osídlování a odlesňování podhorských oblastí, zavádí se nové zemědělské plodiny. Původně poměrně členitý reliéf údolní nivy je postupně nivelován až několikametrovými vrstvami povodňových hlín (<http://www.iri.cz>).

#### Použití moderní techniky

Použití moderní techniky ovlivňuje negativně erozi půdy v mnoha směrech. Nárůst vlivu nastal po 2.světové válce a použitím traktorů. S tímto je spojen zejména fenomén zhutnění půdy, kterému je potřeba věnovat zvláštní kapitolu.

### 3.3. Zhutnění půdy

Zhutnění půd je na mnohých stanovištích vážnou příčinou podstatné zhoršení úrodnosti a produkční schopnosti půd, omezuje plné využití genetického potenciálu výkonných odrůd a snižuje efektivitu vstupů do produkčního procesu pěstování plodin, především organického i minerálního hnojení. Převážně se jedná o půdy potenciálně velmi úrodné, kde se snížení výnosu týká právě nejvýnosnějších plodin. Řešení této závažné problematiky je mimořádně aktuální a zemědělské podniky by měly věnovat této skutečnosti zvýšenou pozornost a usilovat o důsledné uplatnění všech dostupných opatření k jeho eliminaci a odstraňování.

## **Stávající situace ve zhutnění půd v ČR**

Stávající stav zhutnění půd je důsledkem v minulém období dlouhodobě uplatňovaných jednostranných a nevhodných intenzifikačních opatření (nesprávné dávky minerálních hnojiv, nedostatečný přísun organické hmoty, používání těžké mechanizace). Podle průzkumu zhutnění půd (uskutečněné v 80. letech minulého století) bylo nadměrným zhutněním postiženo kolem 38% výměry orné půdy.

Podle posledních provedených odhadů bylo zjištěno, že nadměrným zhutněním v různém stupni je postiženo zhruba 45 % zemědělského půdního fondu, z toho 15 % je zhutnění genetické, dané přirozenými vlastnostmi těžkých půd a zbývající podíl připadá na zhutnění technogenní v důsledku nevhodného způsobu strojního obdělávání půdy. Současně hlavní příčiny zhutnění půd jsou i nadále antropogenního charakteru.

### **Zhutnění půdy omezuje produkční a ekologické funkce v rostlinné výrobě**

Nadměrné zhutnění půdy způsobuje tyto hlavní nepříznivé jevy:

- zhoršuje půdní prostředí
- zvyšuje energetickou náročnost při zpracování půdy
- zhoršuje využití živin rostlinami
- nepříznivě ovlivňuje výši i jakost produkce plodin

Nadměrné zhutnění půdy negativně působí na mimoprodukční (ekologickou) funkci půdy tím, že:

- zpomaluje a omezuje infiltraci vody do půdy, čímž se podporuje povrchový odtok  
a následná vodní eroze půdy se všemi jejími důsledky,
- snižuje retenční (zádržnou) schopnost půdy,
- urychluje a zintenzivňuje se vysychání půdy (výpar vody).

#### **3.3.1 Zhutnění půdy a jeho negativní vliv na půdní prostředí**

Zhutňování půdy má za následek zvýšení objemové hmotnosti půdy, snížení pórovitosti (především nižší objem nekapilárních pórů) a při vyšším stupni působí destrukci půdních agregátů. Omezená propustnost půdy pro vodu způsobuje změny v obsahu vody v rámci půdního horizontu a ovlivňuje její pohyb v půdě.

Zhutnění půdy omezuje zejména půdní mezoedafon ale i mikroedafon. Mezoedafon (dešťovky, členovci, chvostokoci aj.) je spolutvůrce drobtovitých struktur

půdy – vytváření chodbiček, vylučování stabilizujících látek, čímž zvyšují pórovitost a propustnost půdy pro vodu a vzduch.

Ve zhutnělých neprovzdušených půdách je aktivita mikroedafonu značně omezena a důsledkem je klesající kvalita půdního humusu, acidifikace půdního prostředí a jeho kontaminace agrochemikáliemi.

### **3.3.2 Zhutnění půdy a jeho negativní vliv na výši a jakost výnosů plodin**

Zhutnění půdy redukuje rychlost růstu kořenu plodin, jejich prodlužování a prorůstání do spodních vrstev půdy (hloubka zakořenění) i tvorbu kořenového vlášení. Nejvíce jsou postiženy plodiny, které tvoří hospodářský výnos podzemními orgány – u cukrovky dochází k tzv. mrcasatění bulv, u brambor k deformaci hlíz apod. U plodin, které vytvářejí hlavní křivý kořen (řepka olejka, sója, slunečnice aj.) se jeho růst omezuje tím, že neproniká zhutnělou vrstvou v podorničí, roste horizontálně a deformuje se. Za následek má nižší příjem vody a živin v porovnání s normálními vyvinutým kořenovým systémem.

Z toho vyplývá, že vlivem zhutnění půdy v ornici i podorničí se výnosy plodin snižují v závislosti na stupni zhutnění a dalších faktorů (průběhu počasí, vlhkosti půdy, použité agrotechnice). Utužení půdy nejenom snižují výši výnosu, ale také nepříznivě ovlivňuje jakost produkce.

### **3.3.3 Soustava zúrodňovacích opatření k odstraňování zhutnění půdy**

Zúrodňování a odstraňování škodlivého zhutnění půdy vyžaduje komplexní uplatnění zúrodňovacích a agromelioračních opatření v soustavě hospodaření na půdě.

Jedná se o:

- využití možných agrobiologických a technologicko-organizačních opatření opatření vedoucích k omezování zhutnění půdy
- odstraňování zhutnění půd uplatněním agromelioračních mechanických zásahů.

Při omezování a odstraňování zhutnění půdy je třeba dbát na propojenost a kombinaci jednotlivých opatření.

## Uplatňování agrobiologických opatření

Za vhodná agrobiologická opatření v soustavě hospodaření na půdě, která vedou k prevenci a ke snižování zhutnění půdy se považují:

- dostatečné hnojení půdy kvalitními organickými hnojivy,
- vápnění půdy a udržování optimální hodnoty pH půdy,
- omezené používání fyziologicky kyselých minerálních hnojiv a hnojiv z obsahem jednomocných kationů
- v plodinových strukturách využívání plodin, které působí kořenovým systémem na tvorbu drobtovité struktury půdy a přispívají k omezení zhutnění půdy.

Hnojení kvalitními statkovými hnojivy slouží nejen k pravidelnému dodávání potřebné organické hmoty a živin do půdy pro zabezpečení biologických procesů (výživa edafonu), ale i pro pozitivní ovlivnění všech půdních vlastností. Při rozkladu organické hmoty vznikají huminové kyseliny, které přispívají k agregační schopnosti půdy, čímž zlepšují její strukturní stav a zvyšují odolnost půdy proti zhutnění tím, že zlepšují nosnost půdy.

Vápník pozitivně ovlivňuje agregační schopnost půd a zvyšuje stabilitu půdní struktury.

Rostliny působí množstvím biomasy kořenového systému, ale i nepřímo produkcí nadzemní biomasy různým způsobem příznivě na stav půdy, zejména na fyzikální, (tj. i stupeň zhutnění) a biologické vlastnosti. Z druhé strany rostliny kladou různé nároky na fyzikální a další půdní vlastnosti a to nejen v orničním, ale i podorničním profilu půdy pro jejich zdárný růst a produkci biomasy.

Hloubka zakořenění plodin a množství kořenů je důležitým kritériem pro stanovení jejich zlepšujících vlastností (Javůrek, Vach, 2008).

**Tab. 5** Hloubka zakořenění některých plodin (Javůrek, Vach, 2008)

Plodina	Hloubka zakořenění (m)	Plodina	Hloubka zakořenění (m)
Vojtěška	2 – 10	Pšenice ozimá	0,2 – 0,3
Vičenec	2 – 10	Žito ozimé	0,3 – 0,4
Komonice	1,1 – 1,9	Ječmen jarní	0,2 – 0,3
Jetel luční	1,0 – 2,0	Oves	0,5 – 0,6
Lupina modrá	0,7 – 1,3	Kukuřice	1,2 – 1,8
Hrách setý	0,8 – 1,3	Řepka olejka	1,1 – 2,8
Bob obecný	1,0 – 1,2	Hořčice bílá	1,0 – 2,0
Sója luštinatá	1,5 – 2,0	Slunečnice	1,2 – 1,5
Vikev setá	0,3 – 0,9	Cukrovka	1,8 – 2,0
Vikev huňatá	0,3 – 0,5	Brambory	1,0 – 2,0

Za regenerační plodiny s příznivým působením na půdní vlastnosti se jednoznačně považují víceleté leguminózy a luskoviny, ale také i řepka olejka, kukuřice a další hlouběji kořenící plodiny. Zařazování těchto plodin v plodinových strukturách má příznivý vliv na omezování zhutňování podorničních vrstev.

Mnohostranný význam mají i meziplodiny. Z hlediska prevence zhutnění půdy uplatňují přísunem kvalitní organické hmoty do půdy (zelené hnojení), příznivou činností kořenové soustavy v orniční vrstvě a zvýšením mikrobiální aktivity půdy. V literatuře se uvádí, že při pravidelném zařazování meziplodin se pórovitost půdy zvýšila až o 5 % (Šimon, Zimová, 1983).

### **Omezování zhutnění půdy**

Přístupy v omezování zhutnění půdy vyžadují revizi v organizaci půdního fondu a organizaci práce, přehodnocení soustavy hospodaření na půdě a technologických postupů pěstování plodin včetně materiálně technického zabezpečení, ale i vývoj a výrobu nových strojů.

Jedná se především o tato opatření:

- technická a konstrukční řešení zemědělských strojů vedoucí ke snižování jejich tlaku na půdu,
- revize uspořádání půdního fondu,
- doba vstupu strojů na pozemek a omezování strojů na poli,
- šetrné a ochranné zpracování půdy.

### ***Technické a konstrukční řešení strojů***

Řešení této problematiky v souvislosti se zhutňováním půdy se zaměřilo hlavně na:

- nové konstrukce pneumatik
- snižování hmotnosti strojů.

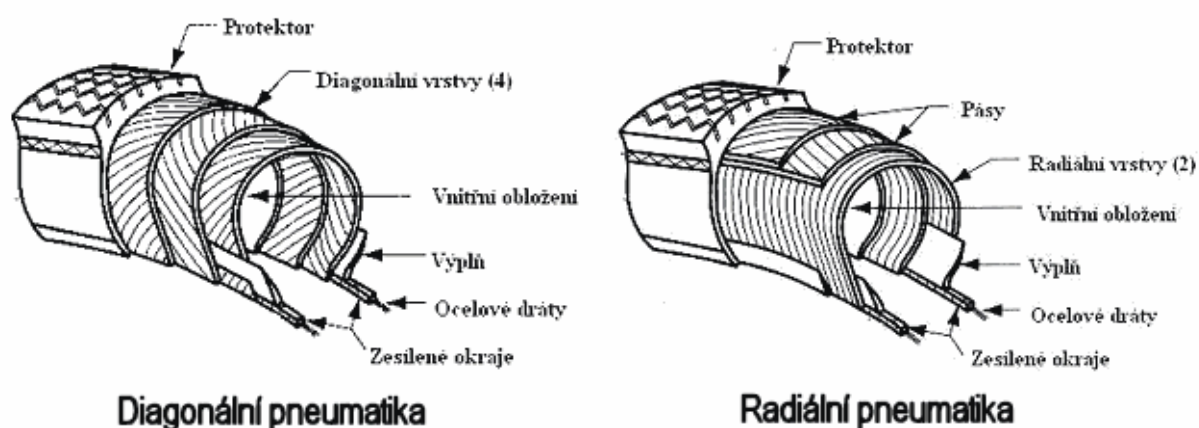
Dříve se doporučovalo pro snížení zhutnění půdy kontaktními tlaky používat zdvojených kol, případně kombinaci předních pneumatik s oprýžovanými pásy zadního pohonu traktoru.

V současné době však převládají nové konstrukce nízkotlakých pneumatik. Tyto širokoprofilové, nízkotlaké pneumatiky jsou šetrnější k půdě tím, že snižují utužování při pojezdech strojů po poli a proto jsou již těmito pneumatikami vybavovány sklízecí plodin především se zásobníkem produkce. U traktorů a dalších strojů se používají

radiální pneumatiky, které v porovnání s klasickými diagonálními vykazují nižší zhutňování půdy.

K výrazným změnám došlo u sklizňových technologií a konstrukci sklizňových strojů (používání strojů se zásobníky, opatřených nízkotlakými pneumatikami), což snižuje negativní vliv mechanizace, pojíždějících na poli, na půdu.

Využití opatření tohoto druhu k omezování zhutnění půd závisí především na strojním parku jednotlivých zemědělských podniků, resp. jejich vybavení moderní zemědělskou technikou.



**Obr. 3** Rozdíl mezi diagonální i radiální pneumatikami  
([www.auta5p.eu](http://www.auta5p.eu), 7.4. 2010)

### ***Revize uspořádání půdního fondu***

Jedná se o restrukturalizaci využívání a uspořádání půdního fondu. Půdně ekologické aspekty uspořádání půdního fondu jsou důležitým předpokladem racionálního využívání zdrojů půdy a omezování jejího zhutnění. Správná koncepce uspořádání honů a hospodaření ovlivňují i ráz krajiny. Z hlediska zhutnění půdy má výrazný vliv především půdní typ a druh půdy. Rovněž reliéf terénu ovlivňuje stupeň podorničního zhutnění půdy. Podle toho třeba volit velikost a tvar honu.

### ***Doba vstupů strojů na pozemky***

Intenzita negativního působení pojezdů strojů a dopravních prostředků na zhutnění půdy má značnou souvislost s dobou vstupů této techniky na pole. Na jaře by měly, vzhledem tomu, že je v této době půda velmi citlivá na zhutnění, uskutečnit až v době, kdy je ornice tzv. „zralá“, tj. má přiměřenou vlhkost a dobrou únosnost.

Předčasné vstupy strojů v jarním období na pozemky nejenže značně zhutňují půdu a poškozují její strukturu, ale jsou i z hlediska nároků plodin nevhodné. Jedná se o tzv. „zamazání osiva“, kdy v kolejových řádcích dochází ke žloutnutí rostlin vlivem nedostatku vzduchu v půdě a k dalším poruchám růstu v důsledku nepříznivých půdních vlastností. Nápravná opatření na zhutnělé půdě v tomto období jsou prakticky nemožná.

Vstupy strojů do porostu plodin během vegetace vyžadují rozvahu vzhledem ke stavu půdy i porostu plodin a zároveň se zřetelem k uplatňovaným agrotechnickým opatřením, tj. přihnojování a ochraně rostlin v požadovaném termínu. Poškozené nebo zničené rostliny se již velmi obtížně nahrazuje (omezená regenerace) a škody vzniklé na půdním prostředí zhutněním při jízdách strojů v porostech plodin se obtížně eliminují.

V období po sklizni zrnin a dalších semenných plodin při vstupech strojů na pozemek již nedochází k výraznému zhutnění půdy, kdy je většinou nízká vlhkost půdy i slehlejší ornice a kolejové stopy je možné odstranit následným zpracováním půdy. Proto je třeba tohoto období využít k uplatnění pěstitelských opatření (hnojení P, K minerálními hnojivy, vápnění, aplikace kejdy apod.), která jsou technologicky nutná (Javůrek, Vach, 2008).

### ***Omezování pojezdů strojů na poli, spojování pracovních operací***

Omezování pojezdů strojů po poli a spojování pracovních operací do jednoho pracovního postupu je další možností omezování zhutnění půdy. Podle pěstitelských technologií plodin je nejvíce půda zhutňována pojezdy strojů u okopanin a víceletých pícnin s progresivním nárůstem během sledovaných let.

Při omezování pojezdů strojů po polích je účelné soustředit se především na uplatňování těchto opatření:

- spojování pracovních operací s cílem omezení četností jízd strojů po pozemcích,
- soustředování přejezdů po pozemcích do jízdnic drah,
- zavádění tzv. pravidel pohybu strojů po poli (Hůla, Šimon, 1989).

### ***Sklizeň a transport produktu***

V minulosti docházelo v tomto směru ke značnému zhutňování půdy zejména v podorniční vrstvě vlivem těžké sklízecí mechanizace pro odvoz produkce, tj. nákladními auty s vysokými kontaktními tlaky na půdu mnohdy při její značné



vlhkosti, jehož negativní následky na některých stanovištích přetrvávají až do současné doby.

Jednou z možností řešení je zahrnutí přejezdů sklízečů a dopravních prostředků do systému řízených pojezdů po pozemku. V tomto směru je třeba stanovit a dodržovat tzv. „pravidla pohybů strojů a dopravních prostředků po poli“. Při stanovení zásad pohybů strojů a dopravních prostředků po poli se doporučuje vycházet z těchto principů:

- v opakovaných jízdách mechanizace po poli již ve vytvořených stopách, tj. soustředit pojezdy do stejných stop,
- při jízdě strojů a dopravních prostředků po poli volit kolmý, nejkratší směr k nejbližší souvrati (nepřejíždět pozemek v nahodilých směrech). To platí např. v případě vyprazdňování zrna ze zásobníku sklízecích mlátiček do přepravních prostředků. Při sklizni silážních hmot najíždět a odjíždět od sklízecích strojů kolmo v souvrati.
- Na dlouhých honech zřizovat tzv. dočasné (přístupové) cesty pro odvoz sklizené produkce dopravními prostředky.

### ***Ochranné způsoby zpracování půdy pro založení porostů***

V posledních letech je klasické obdělávání půdy s nepostradatelnou orbou stále častěji v praxi nahrazováno způsoby ochranného zpracování půdy, které využívají přednosti minimalizace zpracování a příznivého působení mulče z posklizňových zbytků předplodiny (většinou slámy) a rostlinné biomasy vypěstovaných meziplodin. Uplatňováním ochranných způsobů zpracování půdy lze především dosáhnout:

- pozitivního vlivu na většinu půdních vlastností (vyšší stabilita půdních agregátů v povrchové vrstvě v závislosti na obsahu organické hmoty, zlepšení pórovitosti půdy, intenzifikace biochemických procesů, vyšší biologická aktivita půdy atd.),
- omezení zhutnění půdy především tím, že snižuje podíl kolejových stop asi o 50 % oproti konvenčnímu způsobu, menší četnost mechanických zásahů do půdy snižuje narušení půdních agregátů a tím se zvyšuje únosnost půdy (Javůrek, Vach, 2008).

Z poznatku minulých ročníků je zjištěno, že půdoochranné technologie v dlouhodobém horizontu snižují nadměrné půdní zhutnění zejména v podorničních

horizontech (jeho odstraňování v konvekčních systémech je energeticky a finančně náročné a přetrvání efektu je časově značně omezené (Šimon a kol., 1999).

Soustavné podceňování významu nadměrného půdního zhutnění, jak je mnohdy v praxi patrné, se nepochybně projeví na půdní úrodnosti a v konečném efektu i na výši a kvalitě produkce.

## **Odstraňování zhutnění půdy**

Na půdách, kde toto zhutnění zasahuje do podorniční vrstvy, je nutno tento nepříznivý fyzikální stav odstranit především mechanickým zásahem. Podle hloubky a míry škodlivosti zjištěného zhutnění půdy se uplatňují tyto mechanické zásahy:

- dlátování pro nakypření zhutnělé podorniční vrstvy půdy do hloubky 0,45 m,
- hloubkové meliorační kypření zhutnělých podorničních vrstev přesahující hloubku 0,45 m,
- následná stabilizující opatření nakypřené zhutnělé půdy.

Aby se dosáhlo požadovaného účinku kypření při odstraňování půdního zhutnění, je třeba dodržet zásady jako je správná hloubka kypření, vhodná vlhkost půdy v době kypřicího zásahu, rozchod kypřicích rýh, směr kypření.

## **Odstraňování zhutnění půdy na souvratích**

Vzhledem k tomu, že souvratě jsou pohybem strojů a dopravou nejzatíženější částí honů, je třeba se přednostně zaměřit na odstraňování zhutnění půdy na těchto místech. Jedná se zde o ornou půdu, nejvíce zasaženou škodlivým zhutněním. Zhutnění na souvratích je důsledkem četných přejezdů a otáčení strojních souprav a dopravních prostředků při polních pracích. Kromě toho se zde negativně projevuje kumulace soli a škodlivých látek z minerálních hnojiv (negativní vliv chlóru, sodíku aj.) a dále i reziduí pesticidů, které se do půdy dostávají při plnění postřikovačů herbicidními přípravky.

Velké zhutnění podorničního profilu půdy na souvratích má za následek značně omezenou infiltraci vody, což lze logicky usoudit z toho, že již po menších deštích stojí voda v porostech plodín. Tato postižená stanoviště má pro půdu za následek rozplavování její struktury a narušení všech půdních režimů a pro rostliny znamená fyziologické poruchy růstu a řadu dalších negativních vlivů. Tím se snižuje produkce pěstovaných plodín na souvratích.

Proces odstraňování zhutnění půdy je třeba na souvratích vhodně skloubit s běžným pěstováním polních plodin a agromeliorační opatření začlenit do soustavy hospodaření na půdě (Javůrek, Vach, 2008).

### **3.3.4 Zhutnění půdy – shrnutí**

Působením těžkých mechanismů je půda zhutňována, dochází ke změně struktury a propustnosti půdy. Zhutnění půdy, způsobené hlavně opakovaným průjezdem těžebně dopravních strojů, má tedy negativní následky produkční i vodohospodářské.

Před rostlinnou výrobou tak neodkladně vyvstává závažný úkol, zabránit těmto negativním tendencím a zvýšit úsilí o odstraňování tohoto nepříznivého stavu našich půd

## 4. Protierozní opatření

### 4.1 Opatření proti vodní erozi půdy

Zemědělskou půdu na svazích je třeba chránit před vodní erozí. O použití způsobu ochrany rozhoduje jejich účinnost, požadované snížení smyvu půdy a nutná ochrana objektů (vodních zdrojů, toku a nadržů, zastavěných ploch ve městech a obcích) při respektování zájmů vlastníků a uživatelů půdy, ochrany přírody, životního prostředí a tvorby krajiny. (Janeček a kol., 2007)

Ve většině případů jde o komplex organizačních, agrotechnických a technických opatření, vzájemně se doplňujících a respektujících současně základní požadavky a možnosti zemědělské výroby v nových podmínkách. Nemalou roli při volbě soustavy protierozních opatření hrají i náklady na jejich realizaci a platné legislativně-právní přepisy (Podhrázská, Dufková, 2005).

Podle Podhrázské a Dufkové realizace protierozních opatření by se měla vždy řídit odborně zpracovaným projektem pozemkových úprav a speciálním projektem protierozních opatření, který by měl obsahovat:

- hydrologické posouzení daného povodí,
- posouzení současného uspořádání a využití pozemků z hlediska ohrožení půdy před erozí, vyjádřeného dlouhodobým průměrným smyvem v  $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$  a z hlediska ohrožení dalších zájmů (např. vodní zdroje),
- variantní řešení protierozní ochrany území (povodí) s doporučením optimální varianty tak, aby ztráty půdy nepřekročily tzv. přípustné hodnoty, resp. další požadované limity (koncentrace nerozpuštěných látek v tocích).

#### 4.1.1 Organizační protierozní opatření

Základem organizačních protierozních opatření je situování pozemků delší stranou ve směru vrstevnic, zvolení vhodné velikosti a tvaru pozemku a vymezení parcel vhodných ke změně druhů pozemků. Organizační opatření jsou na orné půdě navrhována v součinnosti s ostatními protierozními opatřeními a předpokládají dobrou spolupráci a zainteresovanost hospodařících subjektů. Zásady ochrany proti vodní erozi organizačními opatřeními vycházejí ze znalosti příčin vzniku erozních jevů a zákonitostí jejich rozvoje a vyúsťují v obecné protierozní zásady:

- včasný termín výsevu plodin,
- výsev víceletých pícnin do krycí plodiny,
- posun podmínky do období s nižším výskytem přívalových dešťů, tzn. na září,
- zařazování bezkrmně setých meziplodin, rozmístění plodin podle ohroženosti pozemku.

Důležitou roli v protierozní ochraně půdy sehraává vegetační pokryv, který

- chrání půdu před přímým dopadem kapek,
- podporuje vsak dešťové vody do půdy,
- kořenovým systémem zvyšuje soudržnost půdy, která se tak stává odolnější vůči účinkům stékající vody.

Těchto vlastností, které se různí podle typu plodiny, se využívá při výběru organizačních opatření s protierozním účinkem.

Organizační protierozní opatření (Janečka a kol., 2002)

- pozemkové úpravy, jimiž se mění velikost pozemků a jejich orientace včetně směru trasování polních cest
- delimitace kultur, zejména mezi lesem a zemědělskou půdou,
- ochranné zatravnění a zalesnění,
- protierozní osevní postupy,
- pásové střídání plodin.

### **Tvar a velikost pozemku**

Jedná se o opatření, kdy je nutno v rámci řešení komplexních pozemkových úprav řešit parametry pozemků. Snížením velikosti délky svahu snižujeme možnou erozi, změnou tvaru pozemku lze docílit jiný systém obhospodařování pozemků (střídání plodin) a můžeme docílit při tvorbě tvaru pozemků po vrstevnici možnosti zasakování vody v místě dopadu srážek (<http://eagri.cz>)

Vhodná velikost pozemku je závislá na několika faktorech a v konkrétních případech je kompromisním výsledkem dvou navzájem protichůdně působících skupin faktorů – tzv. faktorů přírodních, působících k vytváření menších půdních celků a ekonomického faktoru, který naopak upřednostňuje tvorbu pozemků dostatečně velkých.

Mezi tzv. přírodní faktory se řadí především ty, které ovlivňují vznik a průběh erozních jevů. Velikost pozemků je rovněž limitovaná nutností zabezpečit potřebnou míru ekologické stability. Lokalizace zeleně v terénu a lokalizace protierozních opatření v rámci plánu společných zařízení KPÚ (Komplexní pozemková úprava) musí být řešena již v rámci vytváření jednotlivých bloků zemědělské půdy. Z toho vyplývá, že dodržet nejvhodnější obecnou velikost pozemku je poměrně obtížné, protože v každém konkrétním případě bude výsledek zohlednění všech možných vlivů místních podmínek.

Z hlediska protierozní ochrany je žádoucí, aby rozměr pozemku orné půdy ve směru sklonu nepřevyšoval přístupnou délku stanovenou na základě vypočtené přípustné ztráty půdy erozí. Tato podmínka platí jak pro rozměr pozemku obdělávaného jako jeden celek, tak pro skupinu pozemků, oddělených pouze hranicemi, které nejsou schopné zachycovat povrchový odtok.

Při novém návrhu uspořádání pozemků je nutné respektovat i další faktory, jako je homogenost půdních vlastností, mechanizační přístupnost, apod. Při projektu pozemkových úprav se musí optimálním způsobem spojit protierozní, vodohospodářské, dopravní a vegetační linie vytvářející kostru systému v krajině. V rámci takto pojaté kostry, kde z hlediska protierozní ochrany je rozhodující dodržení přípustných délek svahu, je potom možné vytvářet pozemky vyhovující jejich vlastníkům (uživatelům) a při tom zohledňovat i zásady zaručující efektivní využívání zemědělských strojů. Velikost a tvar pozemku tedy do značné míry určují místní geografické poměry spolu s požadavky na přípustnost pozemků a způsob hospodaření na půdě. Obecně je možné doporučit vytváření půdních bloků o velikosti do 50 ha v rovinných územích a 20 ha ve členitějších územích s převažujícími délkami ve směru vrstevnic (Janeček a kol, 2007).

### **Delimitace druhu pozemků a ochranné zatravnění**

Delimitace druhu pozemků se chápe jako prostorová a funkční optimalizace pozemku sloužící k pěstování jednotlivých kultur. Představuje členění v rámci organizace zemědělského půdního fondu na ornou půdu, zahrady, louky, pastviny, vinice, sady a chmelnice.

Ochranné zatravnění se používá na pozemcích, které z hlediska ztrát půdy erozí nelze využívat jako ornou půdu. Optimálně zapojený travní porost je nejlepší protierozní ochranou. Pro kvalitní vegetační kryt jsou preferovány trávy výběžkaté

tvořící pevný drn (zejména u protierozních opatření liniového charakteru) (Janeček a kol., 2002).

Trvalými travními porosty by měly být chráněny také plochy:

- podél břehů vodních toků a nádrží (buffer zóny),
- v drahách soustředěného povrchového odtoku,
- profily průlehů a těles ochranných hrázek.

U všech převodů z kategorie luk a pastvin do lesního fondu musí být provedeno vyhodnocení botanického složení porostu příslušným odborným pracovištěm, které rozhodne, zda převod je z hlediska ochrany přírody možný.

Kritériem pro delimitaci z hlediska protierozních opatření je sklonitost terénu:

- a) svahy se sklonem vyšším než 50 % (17°) by měly být zalesněny;
- b) trvalými travními porosty by měly být chráněny:
  - plochy se svažítostí vyšší než 25 % (12°)
  - dráhy soustředěného povrchového odtoku;
  - pozemky, které jsou nevyužitelné jako orná půda kvůli vysoké hladině podzemní vody, terénním překážkám, zamokřeným údolním loukám s nebezpečím záplav;
  - pozemky s výškovou hranicí pěstování polních plodin

### **Ochranné zalesnění**

Na místech lesem pokrytých neexistuje zpravidla povrchový odtok. Při jarním tání sněhu a při lijácích je odtoková výška i koeficient na bezlesých místech 2-4krát větší než v lesích. Ještě větší rozdíl se pozoruje v maximálních specifických odtocích. Účinky lesa na usměrnění odtoku srážkových vod jsou těsně spojeny s jeho protierozní funkcí. Snížení povrchového odtoku a jeho přeměna v odtok podpovrchový a spodní velmi zmenšuje možnost vzniku škodlivých erozních procesů jak na povodích plně, tak i na povodích částečně zalesněných.

Působení lesa na zmenšení tvorby a odnosu produktů eroze z povodí je ovlivňováno mnohými činiteli – zmenšením síly působením dešťových kapek na půdu, velkou propustností lesních půd pro vodu, existencí nadložní humusové pokrývky a mohutné kořenové soustavy, převodem povrchového odtoku v odtok půdou a spodinami.

Lesní půdy se ve srovnání se zemědělskými a zvláště pastvinnými a lučními půdami odlišují velkou propustností pro vodu díky dobré struktuře pronikání vody do hloubky chodbami kořenů.

Velký význam pro snížení půdní eroze má nadložní lesní humus. Jak je známo, tvoří se hlavně z opadu jehličí, listí, větviček, kůry apod. Nadložní humus přispívá k udržení propustnosti půdy pro vodu a tím také k převodu srážkové vody do podpovrchového a spodního odtoku. Tím, že nadložní humus pohlcuje sílu úderu dešťových kapek, zabraňuje rozrušení půdní struktury a tvorbě povrchové kůry s malou propustností. Nejlepší protierozní vlastnost má nadložní humus v listnatých a smíšených lesích, kde napomáhá tvorbě živého humusu. Odstranění nadložního humusu vytvoří podmínky pro vznik urychlených erozních procesů.

Velký význam pro předcházení a zastavení urychlené vodní eroze v lese má mechanické zpevnění půdy kořenovými soustavami stromů. Největší protierozní význam mají vícefázové a smíšené porosty.

Velká a mnohostranná je funkce lesních porostů, které rostou na březích toků, jezer, vodních nádrží či kanálů. Tyto porosty především chrání břehy před rozrušením, akumulují a upevňují nánosy v luzích, brání erozi i sesuvům na prudkých svazích, zabraňují zanesení koryt toků a nádrží produkty eroze a znečištění vody plaveninami (Pobědinskij, Krečmer, 1984).

### **Protierozní rozmístování plodin**

Základním principem zajišťujícím ochranu půdy proti vodní erozi je pěstování plodin nedostatečně chránících půdu před erozí (okopaniny, kukuřice a ostatní širokořádkové plodiny) na pozemcích rovných nebo mírně sklonitých.

Na orné půdě středně erozí ohrožené je nutné nedostatečný ochranný účinek širokořádkových plodin zvýšit střídáním vrstevnicových pásů okopanin a víceletých pícnin (okopaniny, kukuřice a víceleté pícniny ve smíšených honech), zatímco obilninami je možno osévat celé pozemky (Janeček a kol, 2007).

Nejlepší ochranu půdy před erozí poskytují trvalé travní porosty a zalesnění.

Protierozní rozmístění plodin na svazích řadíme k obecným zásadám protierozní ochrany půdy. Protierozní účinek plodin je dán vzrůstem, rychlostí vývinu, olistěním a typem pěstování. Plodiny můžeme na základě protierozních opatření sestavit do řady se stoupající erozní ohrožeností: travní porost – vojtěška – jetel – obilovina ozimá –



obilovina jarní – hrách – řepka ozimá – slunečnice – brambory – cukrovka – kukuřice (Podhradská, Dufková, 2005).

Při výsadbě sadů a vinic je z hlediska protierozní ochrany důležité dodržet směr výsadby podél vrstevnic.

Na pozemcích mírně ohrožených erozí, tj. do 3°, se doporučuje pěstovat širokořádkové plodiny, hlavně kukuřici a okopaniny, k nimž u svahů delší než 300 m se používá protierozní agrotechnika, případně zasakovací travní pásy. Ostatní plodiny se pěstují klasickým způsobem.

Pozemky středně ohrožené erozí, tj. do 7°, by se měly užívat k pěstování lnu, řepky, okopanin a obilovin. S ohledem na délku svahu a výskyt soustředného odtoku se opět volí vhodná protierozní agrotechnika, příp. technická opatření v podobě průlehu.

Na pozemcích výrazně ohrožených erozí, tj. do 12°, by se měly pěstovat úzkořádkové plodiny s vysokým podílem víceletých píceň.

Pozemky se svahem nad 12° se zatravnňují.

### **Pásové střídání plodin**

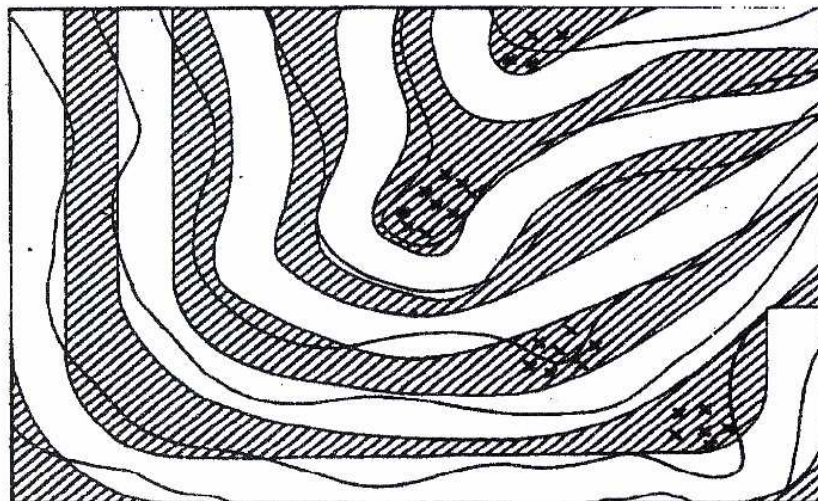
Pásové střídání spočívá v obdělávání půdy po vrstevnicích v kombinaci se střídáním stejně širokých pásů plodin, které půdu před vodní erozi chrání nedostatečně (např. kukuřice, okopaniny) s pásy chránícím půdu dostatečně (např. jetel, vojtěška, travní porost). Šířka pásů plodin dostatečně chránících půdu se volí dle protierozních účinku.

Šířka pásů je závislá na sklonu a délce svahu, propustnosti půdy, její náchylnosti k erozi a na šířce záběru strojů. Obecně se doporučuje šířka pásů od 20 do 40 m (podle sklonu pozemku). Počet pásů závisí na délce svahu, kterou je možné přerušit průlehy nebo příkopy.

Vrstevnicové pásy by měly být uspořádány tak, že mezi stejné široké pásy plodin jsou umísťovány zpravidla nestejně široké pásy travních porostů či jetelovin, zajišťující s ohledem na proměnlivý sklon terénu nutnou „opravu“ v zájmu zachované stejné šířky plodinových pásů (Janeček a kol., 2002).

Střídání plodin musí být promyšlené a tak volené, aby voda stékající z pásu, jehož plodina neodolává erozi, byla zadržována a v erozních účincích zneškodňována plodinou pásu ochranného. Důležitá je také následnost plodin, neboť nemají sousedit dva pásy okopanin nebo jiných plodin se stejnou nízkou protierozní odolností nebo se stejnou sklizňovou dobou (Cáblík, Jůva, 1963).

Pásové střídání plodin také vyžaduje vysokou pozornost a kvalitu práce při chemickém ošetřování plodin aby se zabránilo tak úletu postřiku na sousední pás s jinou plodinou



□ Chráněné plodinové pásy (kukuřice apod.)

▨ Ochranné pásy (zatravnění nebo ozimá obilnina)

**Obr. 4** Schéma pásového střídání plodin (podle Janeček a kol., 2007)



**Obr. 5** Pásové střídání plodin (podle Cáblik, Jůva, 1963)

#### 4.1.2 Opatření agrotechnického charakteru

Agrotechnická opatření se používají ke zlepšení vsakovací schopnosti půdy, zvýšení protierozní odolnosti, dále chrání půdní povrch v období přívalových srážek – širokořádkové plodiny (brambory, cukrová řepa, kukuřice) při deštích nedostatečně kryjí půdu, takže je více náchylná k vodní erozi.

Nejvíce podléhá erozi půda bez vegetačního pokryvu. Agrotechnická protierozní opatření jsou proto založena na minimalizování časového úseku, kdy je půda bez vegetačního pokryvu. K protierozní ochraně půdy lze cíleně využívat posklizňové zbytky plodin a biomasu meziplodin. Infiltraci vody do půdy by neměla být omezena výskytem ztuhlých vrstev v půdním profilu. Rizikovým obdobím z hlediska vodní eroze je jednak období tání sněhu a zejména pak v období nejčastějšího výskytu přívalových dešťů (červen – srpen).

V první třetině tohoto období vykazuje nedostatečnou pokryvnost povrchu půdy kukuřice, slunečnice a okopaniny. Vzhledem k velké výměře orné půdy každoročně osévané kukuřicí je využití účinných agrotechnických protierozních opatření při pěstování této plodiny zvlášť aktuální (Janeček a kol., 2002).

Úlohou pokrokové agrotechniky jako protierozního opatření je tedy omezit, případně snížit na minimum odplavování minerálních a organických látek, živin, mikroorganismů, dále odstranit rozrušování půdy a současně zlepšit vodní režim půdy. Hlavní úlohou agrotechniky v boji proti erozi je také úprava půdy na svahu (podle možnosti i hlubšího profilu půdy, v každém případě alespoň vegetačního profilu), aby největším množstvím srážkové vody neodtékalo po svahu, ale vsakovalo do půdy.

Soustava agrotechnických opatření má znemožnit koncentraci srážkové vody, oslabit škodlivý účinek prudkých dešťů s vytvořit natrvalo takové podmínky, aby se srážková voda mohla maximálně využít při zvýšení zemědělské a lesnické výroby.

Jednotlivé agrotechnické opatření jsou prakticky bez účinku. Ochranu proti erozi mohou zabezpečit jen celá soustava agrotechnických opatření.

Úlohou těchto agrotechnických opatření je: vytvořit pevné půdní agregáty, umožnit kořenům rostlin pronikat hluboko do půdních vrstev, udržovat trvalé spojení půdních agregátů a znemožnit vytvoření mokřadní nebo prachové struktury (Kozlík a kol., 1961).

## **Vrstevnicové obdělávání**

Vrstevnicové obdělávání znamená provádění polních prací, jako je orba, brázdování a výsadba, podél vrstevnic (v pravém úhlu k obvyklému směru odtoku, a nikoli ve směru svahu). Cílem je vytvořit kapacitu pro zadržování vody v povrchovém půdním horizontu a zpomalit odtok, aby měla voda čas k infiltraci do půdy.

Výhodou vrstevnicového obdělávání je, že zvyšuje infiltrační kapacitu půdy a snižuje ztráty vody a erozi v důsledku obdělávání půdy.

Nevýhody - na svazích se sklonem větším než 10 %, by měla být vrstevnicová orba kombinována s dalšími opatřeními jako je zřizování teras nebo pěstování plodin v pruzích. Účinnost vrstevnicového obdělávání z hlediska ochrany vody a půdy závisí na koncepci systémů, ale také na faktorech, jako je půda, podnebí, orientace svahu či využití území na jednotlivých polích.

Příklad úspěšného použití (vrstevnicové obdělávání v povodí řeky Guadalentin Španělsko)

Vodní eroze se v tomto regionu tradičně považuje za nejvýznamnější proces degradace půdy. K hlavním používaným preventivním postupům patří vrstevnicové obdělávání půdy, omezení řádkových plodin na strmých svazích a omezené obdělávání půdy. Vrstevnicové obdělávání půdy se široce využívá od doby, kdy bylo zařazeno do kodexu správných zemědělských postupů (2001), a od roku 2005 je pro daný region povinné v rámci systému „podmíněnosti“. Z hlediska zmírňování vodní eroze je vrstevnicové obdělávání půdy vysoce účinné (<http://soco.jrc.ec.europa.eu>).

Orbou po vrstevnicích je možné významně přispět k ochraně půdy proti erozi. Odhaduje se, že jednou orbou otočným pluhem s ukládáním ornice proti svahu zadrží až 10 tun ornice/ha, která by se orbou záhonových pluhu sunula po svahu.

## **Ochranné obdělávání půdy**

Je to systém obdělávání a pěstování plodin, který udržuje nejméně 30 % rostlinných zbytků na povrchu půdy, čímž se snižuje vodní eroze. Místo orby se půda kypří kypřicí. Při bezorebném zpracování strnišť se zbytky po sklizni zapravují do půdy částečně – na povrchu vzniká nastýlka (mulč). Ponechání mulče na povrchu půdy má své výhody (např. zvýšení vlhkosti, snížení výparu, omezení eroze a vzniku půdního škraloupu) a nevýhody (např. snížení teploty, zvýšený výskyt škůdců a chorob) (Janeček a kol, 2002).

## **Protierozní technologie pěstování zemědělských plodin**

Rozdělení zemědělských plodin do 3 skupin podle toho jak chrání půdní povrch před vodní erozí:

- a) Plodiny s vysokým protierozním účinkem po celou dobu vegetačního období (travní porosty, jetelotrávy, jeteloviny);
- b) Plodiny s dobrou protierozní ochranou půdy po větší část vegetačního období (obiloviny, meziplodiny, luskoviny);
- c) Plodiny s nedostatečnou protierozní ochranou půdy pro převážnou část vegetačního období (kukuřice, brambory, cukrová řepa) (Dumbrovský a kol., 2004).

Nejmenší protierozní ochranu poskytují porosty kukuřice. Existuje celá řada protierozních technologií. Jednou z nich je výsev kukuřice do strniště ozimé meziploidy, další možností je výsev kukuřice do půdy tradičně zpracované se současným výsevem ochranné podplodiny – ozimého žita (Podhradská, Dufková, 2005).

Také pozemky ohrožené erozí, na kterých se pěstují brambory, je nutné zajistit protierozní ochranou. K výraznému snížení eroze dojde např. při osetí pole předplodinou, jako je jetel nebo jetelotrávy. Účinným opatřením je také hrázkování bezprostředně po výsadbě.

Technologie zpracování půdy a zakládání porostů bez použití orby je v současnosti používána na více než 30% orné půdy ČR. Systémy zpracování půdy bez orby, zejména systém s mělkým kypřením a přímé setí, jsou doporučovány především pro oblasti s nižšími srážkami a vyšší průměrnou teplotou vzduchu. Vhodné podmínky pro přímé setí: úrodné půdy nezaplevelené vytrvalými plevely, nadmořská výška do 350 m, roční úhrn srážek do 600 mm, průměrná roční teplota vzduchu nad 8°C (Hůla a kol., 2008).

## ***Protierozní technologie pěstování kukuřice a slunečnice***

Při tradičním pěstování širokořádkových plodin, které nejméně chrání půdu před erozí a mezi než patří kukuřice, lze na erozně ohrožených pozemcích zajistit nejjednodušší protierozní ochranu zasetím obilních pásů na vrstevnicích. Jde o nouzové opatření, které chrání jen v případě slabšího erozního ohrožení. Pruhy ozimé obilniny se zasévají běžným obilním secím strojem rovnoběžně s vrstevnicemi. Pro toto opatření je

vhodný ozimý ječmen, protože po zasetí na jaře nemetá a tím nekonkuruje kukuřici, neboť ta velice špatně odolává v ranném stádiu vývoje ostatním plodinám. Pruhy by měly být zasety s odstupem 20 až 40 m od sebe podle stupně ohrožení pozemku erozí. S rostoucím odstupem nad 20 m se snižuje účinnost tohoto opatření. Ztráta plochy kukuřice vysetím pruhů obiloviny a s tím související snížený výnos z pozemku představuje při odstupů pruhů 20 m nejvýše 5 %. Setí obilních pásů je pro zemědělskou praxi nenáročnou záležitostí, ale znamená větší náklady. Po technické stránce je to opatření jednoduché.

Další možností je současné setí kukuřice a ochranné podplodiny při tradičním zpracování půdy orbou. Ozimé žito se vysévá do každého druhého meziřadí kukuřice. Nedostatkem tohoto postupu je nízká protierozní účinnost po dobu přibližně jednoho měsíce po zasetí. Výrobci přesných secích strojů přídavné zařízení v podobě obilních secích botek pro setí ochranné podplodiny a současně kukuřice nenabízejí. Jinou možností je vysetí ozimé obilniny do nakypřených stop traktoru při setí kukuřice.

Při všech těchto jednoduchých způsobech obdělávání, počínaje orbou přes setí a všechny kultivační práce až po sklizňové práce, by měla být dodržena zásada provádění agrotechnických operací vždy ve směru vrstevnic, nanejvýše s malým odklonem od tohoto směru, pokud to sklon pozemků dovolí.

- a) Technologie setí kukuřice do ponechaného strniště s rostlinnými zbytky po sklizni přezimující meziploidy (např. ozimé směsky sklizené na zeleno) se vyznačuje dobrou protierozní účinností, ale vyžaduje likvidaci plevelů použitím neselektivních herbicidů. Toto přímé setí kukuřice do strniště vyžaduje přesný secí stroj s rotačním zpracováním pouze výsevného řádku. Meziřadí při tomto setí zůstává nezpracováno a plní protierozní funkci. Tyto secí stroje jsou však obtížně dostupné a jsou i méně výkonné. Přímé setí kukuřice do strniště a rostlinných zbytků lze realizovat i secími stroji s kotoučovými secími botkami, ale jen do půd lehce zpracovatelných.
- b) Technologie setí kukuřice a slunečnice do obilní slámy předplodiny ponechané na povrchu půdy nebo do mělce zapravené prokypřením kypřičem je snáze realizovatelná. Kukuřice a slunečnice se na jaře vysévá do ponechaného strniště a slámy, která byla rozhozena příp. rozdracena při sklizni obiloviny. Vydrol a vše plevele se likvidují pomocí herbicidů.
- c) Technologie pěstování kukuřice a slunečnice ve vymrznuté meziploidy (po obilnině) se vyznačuje vysokou protierozní účinností. Nárůst rostlinné nadzemní

hmoty meziplodiny po přemrznutí nejen chrání půdu před erozí, ale poutá i živiny a zabraňuje jejich vyplavování. Během zimy vymrzající meziplodina (hořčice bílá, svazenka vratičolistá) odumře a kukuřice nebo slunečnice se na jaře vysévá do půdy pokryté mulčem vzniklého z porostu vymrznuté meziplodiny. V období před setím kukuřice či slunečnice se aplikují ekologicky přijatelné herbicidy. Tyto herbicidy slouží nejen k potlačení plevelů, ale i k umrtvení meziplodiny zvláště v případě, že nedošlo k jejímu řádnému přemrznutí. Při všech způsobech setí do mulče je třeba počítat také s tím, že může po zasetí nastat období přísušku a dojde ke zpožděnému vzcházení plodiny. Je zde i riziko nerovnoměrného vzejití plodiny z nedostatku vláhy, kdy v tomto případě při nepřemrznutí meziplodiny a jejím dodatečným umrtvením totálním herbicidem se mulč z meziplodiny nepřiměřeně vysuší.

Přímé setí přesným secím strojem do přemrzlé meziplodiny a ponechaných rostlinných zbytků poskytuje nejvyšší protierozní ochranu. Technologie je však vhodná jen pro půdy s dobrou strukturou, neutuženou a lehce zpracovatelnou. Při přímém setí do mulče rostlinné zbytky ležící na povrchu půdy mohou ucpávat prostory mezi secími botkami. Z toho důvodu se musí použít přesný secí stroj s kotoučovými secími botkami. Přímé setí do mulče kotoučovými botkami je nejvhodnější provést v době, kdy jsou přemrznuté rostlinné zbytky již odumřelé a rostliny meziplodiny dostatečně vysušené.

Pro setí přesným secím strojem do přemrzlé meziplodiny a ponechaných rostlinných zbytků je vhodné pro snadnější zasetí kukuřice a slunečnice provést celoplošné zkypření pozemku, sníží se tím však zčásti protierozní účinek meziplodiny.

Technologie je založena na náhradě orby podmínkou na střední hloubku, provedené radličkovým nebo talířovitým kypřičem. Po podmínce může následovat kypření půdy dlátovým kypřičem do hloubky srovnatelné se střední, případně hlubší orbou, ale bez obracení zpracované vrstvy půdy. Kypření dlátovým kypřičem je alternativním zásahem pro případ potřeby zpracování zhutnělé vrstvy v půdním profilu. Zpracování půdy je třeba uskutečnit, co nejdříve po sklizni předplodiny (nejčastěji obilniny), aby bylo možné včas zaset rychle rostoucí meziplodinu – hořčici bílou, řepku olejnou nebo svazenku vratičolistou.

Je-li při zpracování využita pouze podmínka (neuskuteční se kypření dlátovým kypřičem), je vhodné spojit podmínku se zasetím meziplodiny. Lze využít i radličkový nebo talířový kypřič doplněný o jednoduchý secí stroj bez secích botek. Jiným řešením, zejména

po kypření dlátových kypřičem, je zasetí meziplodiny v samostatné pracovní operaci. Protierozní účinek lze zvýšit ponecháním podrcené a rozptýlené slámy obilniny na povrchu půdy.

Na jaře je třeba počítat s aplikací neselektivního herbicidu. Aplikace herbicidu může být spojena s hnojením kapalnými minerálními hnojivy. Následnou operací je setí kukuřice secím strojem pro přesné setí do mulče. Při setí se mohou podpovrchově aplikovat minerální hnojiva, která v půdě nesmí přijít do styku s osivem. U secích strojů je možná záměna zásobníků na kapalná hnojiva za zásobníky na granulovaná tuhá minerální hnojiva, s čímž souvisí i použití jiných pracovních nástrojů pro zapravení těchto hnojiv do půdy. Jestliže se sláma předplodiny sklízí a odváží, nabývá na významu protierozní účinek vymrzající meziplodiny. Pro uplatnění protierozní funkce odumřelé biomasy na povrchu půdy v době vegetace kukuřice je vhodné regulovat plevel v kukuřici herbicidy. Plečkováním by se protierozní účinek snižoval (Janeček a kol., 2007).

U kukuřice je v současnosti z hlediska ochrany půdního a životního prostředí využívání půdoochranných technologií téměř nezbytné. Využíváním těchto technologií se redukuje eroze půdy, zhutňování půdy a vytváření utuženého podorničí, snížení vyplavování dusíku do podzemních vod a v neposlední řadě také omezení rozvoje plevelů. U postupů kde se využívá přímého setí do meziplodin je půda obohacována o rozpadající se organickou hmotu těchto meziplodin (<http://www.pal.cz>).

Volbu pracovních postupů je potřeba přizpůsobit stanovištním podmínkám, zařazení kukuřice do osevního postupu včetně managementu posklizňových zbytků, stavu půdy po sklizni předplodiny, vybavení podniku technikou i dalším faktorům (Hůla a kol., 2008).



**Obr. 6** Stroj na přesné setí kukuřice do mulče vybavený prořezávacími kotouči a dvoukotoučovými secími botkami s omezovači hloubky setí (podle Janečka, 2007)



### ***Protierozní technologie pěstování řepky ozimé a obilnin***

Protierozní opatření při pěstování řepky ozimé jsou potřebná zvláště při tradičním zpracování půdy v období před zasetím. Při přípravě půdy pod ozimou řeku, zvláště při jejím jemném zpracování, dochází při přívalových deštích k erozním škodám. Jedním ze způsobů protierozní ochrany půdy je setí ozimé řepky do mulče secím strojem s kotoučovými secími botkami. Jako mulč může být použit desikovaný (chemicky umrtvený) porost jílku jednoletého (strniště).

Pracovní postupy s využitím mělké podmítky jsou použitelné rovněž při zakládání porostů ozimé řepky, kdy nejčastější předplodinou je obilnina, zpravidla pšenice. Setí ozimé řepky po mělké podmítce se vcelku osvědčilo. Předpokladem je kvalifikovaná regulace plevelů a vzešlého výdrolu předplodiny herbicidy v porostu řepky.

#### a) Setí ozimé obilniny po obilnině nebo řepce s využitím mělké podmítky

I když obilniny, zvláště ozimé, řadíme do skupiny plodin s dobrou protierozní ochranou, je při vyšší ohroženosti pozemku (vyšší sklonitost, délka svahu) účelné použít následující technologii.

Jde o technologii s mělkým zpracováním půdy, při které je maximum rostlinných zbytků předplodiny ponecháno na povrchu půdy. Aby se docílilo ponechání rostlinných zbytků na povrchu půdy při prokypření povrchové vrstvy půdy, která má charakter mělké podmítky, lze doporučit použití kypřičů vybavených podřezávacími šípovými radličkami, které mají snížený mísicí účinek – rostlinné zbytky nejsou promíseny se zeminou, zůstávají na povrchu půdy. Podmítka se uskuteční co nejdříve po sklizni předplodiny, aby se uplatnily známé účinky kvalitní včasné mělké podmítky, jako je: vytvoření podmítek pro vzejití výdrolu předplodiny (technologické ztráty při sklizni sklízecí mlátičkou, u řepky i případné ztráty semene vydrolen před sklizní) a semen plevelů. Často se využívá opakované mělké kypření půdy před setím.

Pro setí obilnin po mělké podmítce je možné využít secí stroje pro setí v postupech minimálního a půdoochranného zpracování půdy. Jedná se o secí stroje s jednokotoučovými

i dvoukotoučovými secími botkami, šípovými radličkovými botkami, případně botkami dlátovými. Všechny tyto secí stroje mají v současnosti účinné omezovače hloubky setí, které spolu s regulovatelným přítlakem na botky umožňují dodržet požadovanou hloubku setí i při proměnlivých podmínkách stavu půdy (různý odpor vůči vnikání

botek do půdy). Výrobci secích strojů dodávají vybavení pro povrchové zapravení minerálních hnojiv pod lůžko osiva – je možné dávkovat jak tuhá minerální hnojiva, tak hnojiva kapalná. Secí stroje této skupiny jsou vybaveny i válci pro zlepšení kontaktu osiva s půdou.

Časté je použití neselektivních herbicidů před setím k potlačení plevelů a vzešlého výdrolu předplodiny. Chceme-li posílit protierozní účinek, můžeme využít ochrannou protierozní funkci vzešlého výdrolu, který před setím následné plodiny umrtvíme neselektivním herbicidem a zasejeme tak, aby odumřelé mladé rostliny předplodiny zůstaly na povrchu půdy.

#### b) Zvýšení protierozního účinku pracovních postupů

U postupů zakládání porostů ozimých obilnin po řepce nebo po obilninách a ozimé řepky po obilnině lze protierozní účinek zvýšit rozcením slámy předplodiny a jejím rovnoměrným rozptýlením po povrchu pozemku – sláma nesmí zůstat v pruzích. Za předpokladu mělkého zpracování půdy a setí tak, aby sláma byla v minimální míře zapravena do půdy, slouží sláma po zasetí k ochraně půdy před nepříznivými účinky intenzivních srážek na půdu. Rozptýlit podrcenou slámu na povrch půdy je účelné i v případě přímého setí ozimých plodin do nezpracované půdy. Při zařazování obilnin po obilninách je však třeba počítat se zvýšeným rizikem přenosu houbových chorob.

Při setí je nutné dbát na to, aby sláma nebyla zatlačena do půdy a omezilo se riziko ukládání osiva na slámu. Lze využít již uvedené secí stroje s jednokotoučovými secími botkami, jejichž kotouče odhrnují slámu stranou, takže sláma není zatlačována do půdy. Další možností jsou secí stroje s ořezávacími šípovými radličkami, které ukládají osivo do pásů, aniž by vnašely podrcenou slámu do půdy. Jiným technickým řešením je využití kotoučových krojidel předřazených dvoukotoučovým secím botkám. Alternativou je použití dlátových secích botek, které snadno pronikají do půdy a nevnašejí posklizňové zbytky do seťového lůžka. Pro zlepšení rovnoměrnosti pokrytí povrchu půdy podrcenou slámou lze využít tzv. mulčovací brány nebo prutový kypřič k ošetření pozemků šikmo ke směru jízd sklízecí mlátičky.

c) Setí jarních obilnin a luskovin po obilnině nebo řepce bez orby s využitím strniskové meziplodiny. Zkrátit období, ve kterém je půda bez vegetačního pokryvu, je možné při využití pracovních postupů s mělkou podmínkou nebo podmínkou na střední hloubku bezprostředně po sklizni předplodiny a založením porostu meziplodiny. Protierozní

efekt se zvýší, jestliže se podmínka uskuteční některým z kypřičů, které ponechávají většinou posklizňových zbytků na povrchu půdy. Dalším přínosem v tomto směru je využití podrcené a rozptýlené slámy předplodiny ponechané na povrchu půdy. Před podmínkou lze aplikovat minerální hnojiva.

Výhodným řešením je zasetí meziploidy současně s podmínkou – soudobé kypřiče využívané jako podmítače umožňují doplnění o jednoduchý secí stroj, kterým je možné zajistit výsev meziploidy současně s podmínkou a využít tak vláhu pro klíčení osiva meziploidy a pro vzcházení porostu. Jiným řešením je zasetí meziploidy v samostatné pracovní operaci po podmítce s minimálním časovým odstupem. Kombinaci ponechání podrcené slámy na povrchu půdy a rychlého založení porostu meziploidy lze považovat za výhodnou z hlediska ochrany půdy před erozí v letním období s výskytem přívalových dešťů.

Na jaře je půda do určité míry pokrytá rostlinnými zbytky. Před setím hlavní plodiny je zpravidla nutné aplikovat neselektivní herbicid k potlačení plevelů, vzešlého výdrolu předplodiny, případně k umrtvení rostlin meziploidy, pokud neodumřely všechny vlivem mrazů. Pro zachování protierozního účinku lze doporučit zasetí jarního ječmene secím strojem, který minimálně narušuje mulč na povrchu půdy. Setí lze spojit se zapravením minerálních hnojiv pod lůžko osiva. Výhodnou strniskové meziploidy je rovněž ochrana povrchové vrstvy půdy před narušováním půdní struktury v době podzimních dešťů.

### ***Protierozní technologie při pěstování brambor***

Při pěstování brambor lze snížit působení eroze nahrazením orby kypřením, čímž se zajistí dostatečné množství rostlinného materiálu na povrchu půdy a do zkypaného mulče se zasejí na jaře brambory. Uvedený postup se doporučuje aplikovat na svahy o sklonu nejvýše do 5 %. V rámci rotace osevního postupu se doporučuje alespoň jedenkrát za 4 až 5 let zpracovat půdu orbou, která má nezastupitelný odplevelující a zúrodnující význam.

a) Mulčování slámou se využívá po obilní předplodině. Mulč z ponechané slámy a strniště kryje pozemek přes zimní období a zabraňuje jarní erozi. Při mulčování slámou z předplodiny je nutné dbát na rovnoměrné rozprostření posklizňového materiálu po povrchu pozemku. Z jara se aplikuje kvalitní kejda a minerální dusík podle množství slámy. Před výsadbou se půda zpracovává kypřením. Významná je

i skutečnost, že se šetří výrobní náklady přibližně o 10 %. Při sázení brambor do meziplodiny zaseté na podzim se k jarní přípravě půdy využívá kypření kypřičem s pasivními pracovními nástroji před vlastní výsadbou brambor. U pěstovaných brambor se meziplodina dostatečně zredukuje postupnými oborávkami. Dobrý protierozní účinek ve srovnání s tradičním pěstováním lze očekávat při sázení brambor do meziplodiny zaseté na podzim.

b) Sázení brambor do zaoraného jetele jako předplodiny je z protierozního hlediska velmi výhodné. Množství zbylé organické hmoty vytváří příznivou strukturu půdy, která se odráží ve snížení půdních ztrát. V malovýrobních podmínkách, kde jsou brambory pěstovány jako doplňková plodina lze zařadit sled jetel – brambory do osevního postupu a zajistit tak účinnou protierozní ochranu půdy.

c) Hrázkování meziřadí brambor omezuje možnost vzniku povrchového odtoku vytvořením akumulacího prostoru pro zachycení odtékající vody přímo na pozemku. Pěstitelský postup je shodný s klasickým, avšak bezprostředně po výsadbě a při kultivačních zásazích se provádí hrázkování meziřadí speciálním strojem – hrázkovačem. Nahrnuté hrázky napříč v meziřadí mohou zadržet na pozemku se sklonem 2-8 % odtok vody z dešťů o úhrnech 25 – 35 mm. Hrázkování pozemků se osvědčilo na svazích do 7 % s maximální délkou 300 m. Hrázkovač není doposud sériově vyráběn.

### ***Protierozní technologie při pěstování cukrovky***

Cukrová řepa je poškozována vodní i větrnou erozí zvláště v ranném stádiu vývoje, tedy v době vzcházení. Zejména je ničena větrnou erozí na lehkých půdách, kdy klíčící rostlinky jsou přesekávány unášenými písčitymi zrny. V krajním případě dochází i k odvátí osiva, případně k úplnému zničení mladých rostlinek. K zamezení těchto škod se používá výsev cukrové řepy do mulče z vymrzajících meziplodin svazenky vratičolisté a hořčice bílé pneumatickým přesným secím strojem kotoučovými secími botkami. Důležitou zásadou, kterou je nutno dodržet před setím meziplodin, je urovnání povrchu půdy. Před vlastním setím cukrovky se osvědčilo jarní mělké prokypření vymrznuté meziplodiny krouživými branami. To je důležité nejen z hlediska kvalitního zasetí osiva cukrovky, ale i částečně likvidaci plevelů. Pro bezpečnou likvidaci plevelů je nutná aplikace ekologicky vhodného neselektivního herbicidu. Je také možné i od

použití tohoto herbicidu ustoupit a při nízkém výskytu plevelů se spolehnout na mechanický účinek krouživých bran.

### ***Protierozní ochrana chmelnic***

Další plodinou, při jejímž pěstování je půda ohrožena vodní erozí, je chmel, jelikož: půda chmelnic je nejméně chráněna v ranném stádiu růstu, chmel vyžaduje obdělávání častými pojezdy dochází ke snížení vsaku vody do půdy, čímž se zvýší povrchový odtok a smyv půdy a díky častému mělkému kypření může být svrchní vrstva smývána odtékající srážkovou vodou.

Protierozní opatření při pěstování chmele:

- nové chmelnice nezakládat na ohrožených částech svahu a v případě nutnosti řady zakládat (pokud je to možné) rovnoběžně s vrstevnicemi,
- formou chlévského hnoje zajistit přísun organické hmoty do půdy,
- formou meziplodin a posklizňových zbytků zvýšit tvorbu humusu,
- omezit zpracování půdy a hloubkového kypření na podzim,
- využít zeleného hnojení.



**Obr. 7** Setí širokořádkové plodiny bez jarní předseťové přípravy půdy – jízdy ve směru vrstevnic přispívají k ochraně půdy před vodní erozí (podle Janečka, 2007)

### 4.1.3 Opatření technického charakteru

Pokud nejde dosáhnout dostatečné protierozní ochrany organizačními a agrotechnickými opatřeními, je nutné použít technická protierozní opatření, jako jsou terénní urovnávky, vrstevnicové meze, terasy, příkopy, průlehy, zatravněné údolnice, ochranné hrázky a protierozní nádrže. Tato opatření, navrhovaná zejména v rámci pozemkových úprav, vytvářejí, společně s dalšími opatřeními plánu společných opatření v pozemkových úpravách, základní kostru protierozní ochrany území, u níž, po její realizaci a zajištění následné péče a údržby, existuje jistota trvalé účinnosti na rozdíl od předcházejících organizačních a agrotechnických protierozních opatření.

Technické liniové prvky protierozní ochrany vytvářejí trvalou překážku přerušující zpravidla příliš velké délky svahů a omezující škodlivé působení povrchového odtoku. Jsou navrhovány i tak, aby svou lokalizací usměrňovaly směr obdělávání pozemků – (vrstevnicové meze) a způsob hospodaření zemědělských subjektů. Vedle základní funkce – protierozní – mají spolu s doprovodnou zelení význam i z hlediska krajinně estetického a ekologického.

Při terénních urovnávkách jde především o odstranění vertikálních nerovností přesunem zeminy na orné půdě. Snížení resp. odstranění příčných sklonů pozemku vede k omezení koncentrace povrchového odtoku a snížení nebezpečí erozního smyvu. Terénní urovnávky je možné provádět jen na půdách hlubokých (zejména sprašových) (Janeček a kol., 2007).

Tato protierozní opatření slouží k ochraně pozemků před vodou přitékající např. z lesních porostů na zemědělskou půdu, k zachycování smyté zeminy, k ochraně intravilánů obcí a komunikací před povrchovým odtokem a smyvem půdy apod. Jejich realizace je podmíněná vypracováním projektové dokumentace.

#### **Terénní urovnávky**

Při terénních urovnávkách jde především o odstranění vertikálních nerovností přesunem zeminy ke snížení příčného sklonu jednotlivých částí pozemku, omezení možnosti soustředění povrchového odtoku a vzniku rýhové eroze. Terénní urovnávky je možné provádět zpravidla jen na hlubokých půdách (Janeček a kol., 2002).

## **Protierozní meze**

Za významné technické protierozní opatření byly a stále jsou považovány meze. Protierozní funkci však mají pouze meze terasové ve směru vrstevnic, či s mírným náklonem os vrstevnic do 3%, jsou-li doplněny hydrotechnickými prvky. Takové meze se vytvářejí postupně orbou, čímž se časem vytváří terénní stupeň o sklonu 1:1,5 a výšce cca 1-1,5 m. Strmý svah je zpravidla trvale zatravněn a může být porostlý i dřevinnou vegetací (keře a stromy). Tyto meze mohou být tvořeny i „snosem“ kamení. Protierozní účinek mezí spočívá především v ovlivnění směru obdělávání pozemků po vrstevnici, v možnosti uplatnění pásového střídání plodin nad a pod mezemi a v mírném sklonu svahu.

Tento účinek nelze však přeceňovat a to především proto, že schopnost účinně přerušit povrchový odtok je velmi malá, neboť strmý zatravněný či zalesněný stupeň tuto funkci plnit nemůže. Z těchto důvodů je účelné meze doplnit hydrotechnickými prvky účinně zachycující povrchový odtok, jako jsou např. příkopy, průlehy a ochranné hrázky (Janeček a kol., 2007).

Protierozní meze jsou v podstatě složeny ze tří základních částí: zasakovacího pásu nad mezí, vlastního tělesa meze, odváděcích prvků.

Vedle základní protierozní funkce (trvalá překážka povrchovému odtoku) mají meze a dřevinná zeleň na nich rostoucí velký význam také z hlediska krajinně estetického i jako hnízdiště a migrační zóny, drobné zvěře, hmyzu, rostlin a všech živých organismů, zvyšují zároveň průchodnost krajiny (neboť v důsledku neúměrně velkých celků vzniklých dříve se zemědělská krajina stala pro člověka neprůchodná). Navržený systém protierozních mezí včetně navržené zeleně s protierozní funkcí může fungovat v krajině i jako nezbytná součást lokálních biokoridorů.

### *Návrh způsobu realizace protierozní meze bez zemních prací*

Vlastní realizace protierozních mezí by měla spočívat hlavně ve vytyčení směru meze buď vrstevnicově, nebo s mírným odklonem od vrstevnic tak, aby bylo zajištěno nejen zadržení povrchového odtoku, ale i jeho neškodné odvedení do vhodného recipientu (potok, cestní příkop, svodný příkop). Po vytyčení bude následovat naorání průlehu víceradličnými pluhy a fixace směru pomocí výsadby stromové a keřové zeleně, určující budoucí směr obdělávání pozemku. Vytvořením 30 – 50 cm hlubokého a 3 – 4 m širokého průlehu a neustálým odoráváním ze svahu bude vytvořena postupně mez se záchytným a odváděcím prvkem. Tímto způsobem, odpovídajícím tradičnímu

procesu vznikání mezí, bude ušetřena nákladná práce těžkých svahových mechanismů a zabrání se utužení ornice.

#### *Návrh způsobu realizace protierozní meze s aplikací zemních prací*

Zasakovací pás se buduje ve sklonu 1 – 3 %. Zatravní se nejprve v šířce cca 4 m, později může být šířka zmenšena na 2 m od hrany meze, a to podle praktických zkušeností. Mez bude vysoká cca 1,5 m. Svah meze se provede ve sklonu 1 : 1,5, zatravní se a zároveň osází i keři. Keře musí co nejrychleji vytvořit dobrý zápoj, aby zamezily růstu plevelů. Nejlépe je budovat meze v podélném sklonu 2 – 5 % až do svodného prvku, např. příkopu u cesty, průlehu, strže apod. Přetíná-li však protierozní mez podružná údolnice, je možné zajistit odvádění vody místní terénní urovnávkou. Nebude-li toto řešení stačit, je třeba v údolnici vytvořit zatravněný průleh a do něj oboustranně svést zachycenou vodu. Je-li pozemek odvodněn, je třeba budovat mělký průleh a nižší mez. Ke svedení vody je možné využít i svodný drén.

Průleh pod mezí bude proveden ve sklonu 20 % k mezi. V ose průlehu je třeba vytvářet brázdu orbou. Úlohou průlehu je odvést konečný zbytek vody do svodného prvku. Průleh bude dimenzován podle potřeby až na 50letou vodu.

Pro zlepšení protierozní, ekologické, krajnotvorné stability i jiné funkce mezí je nutno realizovat jejich ozelenění a výsadbu liniové vegetace.

V průběhu erozně účinných dešťů stéká voda se splaveninami po pozemku, na zasakovacím pásu intenzivně zasakuje a dochází k usazování splavenin. Intenzivní zasakování a usazování splavenin je způsobeno snížením sklonu pozemku těsně nad mezí a drsnostním účinkem travního porostu. Voda je částečně filtrována a zasakuje i na svahu meze porostlém keři, nevsáknutý zbytek vody odtéká průlehem pod mezí až do svodného prvku.

Protierozní mez vyžaduje, ve srovnání s jinými druhy protierozních opatření, jen minimální údržbu. Zasakovací pás bude obhospodařován jako druh louky. Odváděcí průleh pod mezí bude udržován orbou pozemku a není třeba jej čistit.

Řádným obhospodařováním zasakovacího pásu a odváděcího průlehu bude zamezeno rozšiřování keřového pruhu. Keře a stromy budou vyžadovat řez jen výjimečně.

Zasakovací pásy, spolu se zatravněnými údolnicemi, jsou účinné liniové prvky protierozní ochrany, které jsou investičně málo náročné.



Zasakovací pásy travní, křovinné, popř. lesní, se navrhují buď na svažitéch pozemcích podél vrstevnic, kde se střídají s plodinami nedostatečně chránícími půdu před erozí, nebo se budují podél nádrží nebo vodotečí k zabránění vnikání erozních smyvů.

Záchytná účinnost pásu je závislá na charakteru vegetačního krytu, půdě, vlhkosti půdy, sklonu svahu, šířce pásu a intenzitě přívalového deště. Účinnost těchto pásů je možné zvýšit spojením s dalšími technickými protierozními opatřeními, jako jsou zejména průlehy a záchytné příkopy.

Pás by neměl být užší než 20 m a šířka chráněného pásu po spádnici nesmí překračovat přípustnou šířku.

Účinnost zasakovacích pásů spočívá v převedení povrchově odtékající vody, zejména vody přitékající z výše ležících pozemků, v odtok podpovrchový (Podhrázská, Dufková, 2005).



**Obr. 8** Protierozní mez s výsadbou dřevin  
([www.havlickuvbrod.ochranaprirody.cz](http://www.havlickuvbrod.ochranaprirody.cz), 26.3. 2010)

## **Terasování**

Je jednou z možných ochrany členitých pozemků na strmých svazích o sklonu na 20 % (11°), které by jinak nebylo možné pro zemědělskou výrobu využít. Terasování umožňuje využít pozemky, které pro velký sklon a členitost by nebylo možné současnými formami zemědělské výroby jinak efektivně využít.

Na druhé straně jsou terasy zásahem do geologie, geomorfologie, pedologie i biologie krajiny a mohou narušit přirozené ekologické mechanismy, jejichž rozsah lze těžko předpovídat. Z toho důvodu je nutno terasy považovat za krajní řešení protierozní ochrany, kterou nelze zajistit organizačními, agrotechnickými nebo hydrotechnickými opatřeními, pro speciální kultury (sady, vinice). Jsou proto považovány za krajní řešení protierozní ochrany; při jejich realizaci je nutné co nejvíce zachovat alespoň část přirozeného terénu, striktně se dodržuje také rozsah teras. Zejména je potřeba maximálně respektovat části stávajících mezí se zachovalými keřovými, bylinnými společenstvy a solitérními dřevinami.

Terasy se dělí na:

- stupňové zemní, které mají stupeň stabilizován vegetačním zpevněním svahu,
- stupňové s opěrnými zdmi, které mají terasový stupeň stabilizován opěrnou nebo zárubní zdí z různých materiálů (kamene, betonu a železobetonu),
- úzké, umožňující výsadbu 1 až 2 řad vinné révy nebo ovocných stromů a keřů,
- široké, umožňující výsadby nejméně tří řad vinné révy nebo ovocných stromů a keřů. Nejmenší šířka terasové plošiny širokých teras pro vinice je 8 m, při vzdálenosti řad 2 m a 12 m při vzdálenosti řad 3 m. Pro sady podle ovocného druhu a typu výsadby 10 m až 20 m a pro ornou půdu 20 m. Pro podrobnější specifikaci jsou terasy středně široké v šířce plošiny do 50 m a velmi široké nad 50 m,
- terasové dílce, jsou terasové útvary zpravidla neparalelní, kde délka nemusí být výrazně převládajícím rozměrem. Příčný směr (kolmo na směr agrotechniky) je většinou stejný po celé délce a je dán zemědělským využitím dílců. Nejmenší šířka je 20 m. pro stanovení dalšího charakteru terasového dílce je posuzován jeho větší rozměr jako délka terasy.

Terasy se skládají z terasové plošiny a terasových svahů.

Terasové plošiny je produkční plocha terasy, omezená svojí šířkou a délkou. Šířka terasové plošiny je vzdálenost mezi nejbližšími hranami svahů, měřena ve směru kolmém k podélné ose terasy. Délka terasové plošiny je rozměr ve směru řad výsadby, měřený v ose terasové plošiny a omezený příčně začátkem a koncem terasové plošiny.

Příčný sklon terasové plošiny je sklon v kolmém směru na její podélnou osu, zpravidla též kolmo na směr řad výsadby nebo směr orby. Příčný sklon je závislý na šířce plošiny, půdních a geologických podmínkách, erozním smyvu, požadavku zemědělského využití, používané mechanizaci, ekonomice zemních prací, povrchovém odtoku, technologii výstavby a způsobu případné závlahy.

Podélný sklon se doporučuje 1 až 3 %, kdy nedochází k odtoku, srážky mohou infiltrovat, případně částečně odtékat soustředěně po celé ploše teras při příčném sklonu terasové plošiny. Konce teras mohou být v případě nutnosti ve větším sklonu až do 8%, výjimečně až 12%.

Terasový svah je umělé vytvořený svah mezi plošinami. Náleží vždy k terasové plošině výše položené. Jeho plocha je omezená délkou a šířkou svahu. Šířka terasového svahu je omezená nejbližšími hranami plošiny; je měřena ve směru kolmém k podélnému směru terasy. Délka terasového svahu je rozměr ve směru řad výsadby měřený v zářezové hraně a omezený příčně začátkem a koncem hrany terasového svahu v jeho úpatí. Výška terasového svahu závisí na původním sklonu terénu, příčném sklonu plošin a šířce plošiny, sklonu svahu, půdně-ekologických podmínkách, zpevnění, údržbě, požadavcích tvorbě krajiny, geologických a dalších faktorech. Maximální výška terasového stupně se doporučuje 8 m, optimálně je 6 m. Největší sklon svahu s výškou terasového stupně do 1,5 m (výjimečně do 2,5 m) je 1:1.

Terasové svahy jsou zpravidla zpevněné vegetačně. Základem zpevnění je osetí směsí travního semene. Osetí je možno provést tradiční metodou po předchozím humusování svahů (rozprostření ornice), nebo hydroosevem. Travní směs musí být navržena podle pěstebních podmínek zájmového území. Doplnění zatravnění (případně jiného bylinného patra) zajistí skupinové výsadby keřů a stromů.

Způsoby manipulace s ornici na staveništi teras jsou rozdílné, především podle typu teras, členitosti a sklonu terénu. Ornici sejmout ve vrstvě, jejíž mocnost se stanoví na základě pedologického průzkumu, nejméně však ve vrstvě 20 cm. Navrhuje se sejmutí ornice z celé terasové plochy současně a její uložení na meziskládky v obvodu

lokality, nebo se ornice snímá u jednotlivých samostatných ploch (bloků) nebo jejich částí (teras), které je možno samostatně a uceleně realizovat.

Úkolem rekultivačního procesu je v co nejkratší době zajistit plnou úrodnost terasových ploch. Biologická rekultivace při terasování navazuje bezprostředně na technickou část rekultivace a závisí na stupni degradace půdy erozní činností, kvalitě ornice k rozprostření na terasy, na půdních a geologických podmínkách, klimatických podmínkách, výrobní oblasti a následném zemědělském využití teras.

Agrotechnické, agrofyzikální a agrobiologické vlastnosti půdy by měly být obnoveny biologickým a agrotechnickým rekultivačním cyklem, trvajícím zpravidla nejvýše 5 let.

Hlavní opatření jsou: doplnění základních živin formou zásobního hnojení (draslík, fosfor, hořčík) na dobrou úroveň v profilu do hloubky až 60 cm, meliorační vápnění, úprava půdní reakce, zelené hnojení pro obohacování půdy humusotvornými látkami.

Přímou součástí teras jsou různé objekty, které terasové plochy doplňují:

- lavičky v terasových svazích sníží plynulou výšku terasového svahu. S výhodou se používají průjezdné lavičky (nejmenší šířka 4 m), které jsou víceúčelové. Příčný sklon je 3 až 7 %, podélný odpovídá sklonu teras a je 1 až 5 %,
- obratiště slouží k otáčení mechanizace. Šířka obratiště u běžné mechanizace je zpravidla 12 m,
- protismykové zářezy zajistí lépe stabilitu násypových částí teras zpravidla v údolnicích, nebo pod vysokými násypy, hlavně při velkých podélných přesunech zeminy. Většinou se navrhují jako zářezy se sklonem svahu 1:1,5 a sklonem plošiny 5 %,
- drenážní odvodnění se navrhuje k úpravě vodního režimu podzemní vody. Drenáž se navrhuje jako sporadická zachycení jednotlivých vývěrů vody nebo skluzných vrstev,
- protierozní příkopy chrání terasy před vnější povrchovou vodou nebo zajišťují bezpečný odtok povrchové vody uvnitř terasové plochy (voda vnitřní), zpravidla současně s doplňkovou protierozní funkcí příkopů,
- cesty jsou navrhovány zpravidla paralelně s přibližnou osou terasové plochy, nejčastěji podél paty svahu, s hlavní funkcí dopravní a obslužnou,

- sjezdy a výjezdy na terasy nebo z teras navazují na síť cest, kdy cela terasová plošina je pod nebo nad úrovní nivelety cesty. V tom případě se navrhuje podélný sklon výjezdu a sjezdu do 12 % výjimečně 15 %.

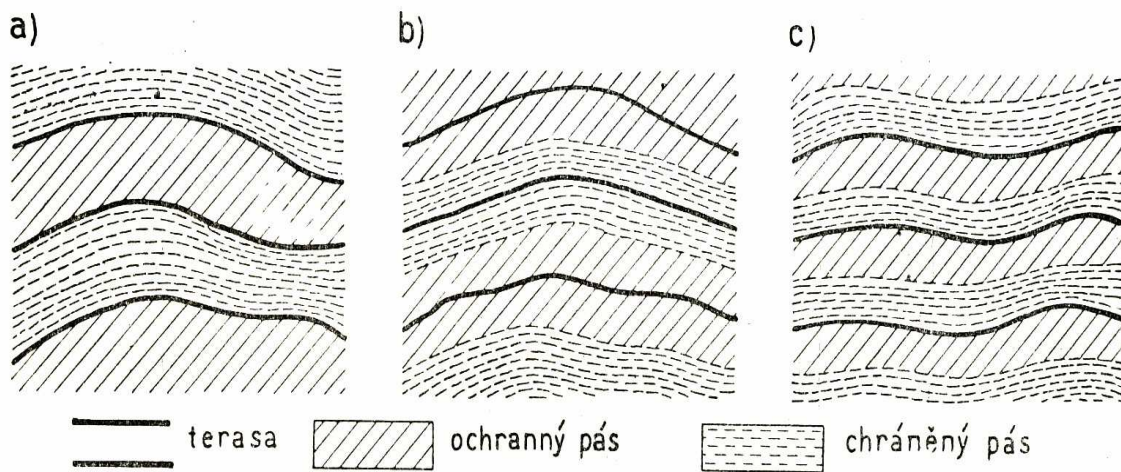
Při údržbě doprovodných objektů teras, tj. cest, příkopů, zeleně a dalších, je třeba mimořádnou pozornost věnovat zejména čištění od splavenin a udržování protierozní

a vodohospodářské funkce. Údržba teras spočívá zejména v údržbě terasového svahu (kosení, doplňování porostu, údržbě zeleně) a v likvidování případných erozních jevů (drobné rýhy na svazích, drobné nádrže, odstranění depresí v podélném sklonu terasy) (Janeček a kol., 2002).

Nevýhody terasování: za určitých podmínek mohou ochranná pásma způsobit ztrátu produktivní půdy. Rostliny v ochranném pásmu mohou soutěžit s plodinami o dostupné zdroje (zejména u stromových větrolamů) a zmenší se manévrovací prostor pro zemědělskou techniku. Je nutná údržba, která je spojena se vznikem dodatečných nákladů. Navíc ochranná pásma řeší důsledky, ale nikoli příčiny degradace půdy; filtrují například půdní částice přenášené odtokem, ale nepředcházejí erozi.

Budování nových teras je vysoce náročné na práci a energii. Kromě toho je spojeno s přesunem značného množství zeminy, a tudíž má velký dopad na krajinu a životní prostředí jako celek. Terasy vyžadují náročnou údržbu a jsou-li opuštěny, mohou podléhat erozi. Navíc se často nacházejí v odlehlých či těžko přístupných oblastech, odkud odešly kvalifikované pracovní síly a venkovské obyvatelstvo obecně. Terasování se obvykle nehodí pro zemědělství využívající velké a těžké stroje.

Výhody terasování: usnadňuje pěstování na svazích, snižuje odtok a zlepšuje zadržování vody. Obvyklejší je, že se udržováním starých teras v dobrém stavu předchází erozi a zajišťuje se zachování tradičního rázu krajiny (<http://soco.jrc.ec.europa.eu>).



**Obr. 9** Kombinace terasování s pasovým pěstováním plodin (a – terasy s šířkou plodinových pasů, b,c – terasy s šířkou dvojice pasů, podle Cáblik, Jůva, 1963)



**Obr. 10** Vinohrady na terasách  
([www.soco.jrc.ec.europa.eu](http://www.soco.jrc.ec.europa.eu), 15.3. 2010)

## Hydrografické prvky

Povrchový odtok vyvolaný přívalovými dešti ohrožuje v malých povodích půdu, stavby a území různého druhu (měst, obcí, silnic, nádrží apod.) i životy lidí. Prvky protierozní ochrany tady plní důležitou funkci.

## Protierozní příkopy

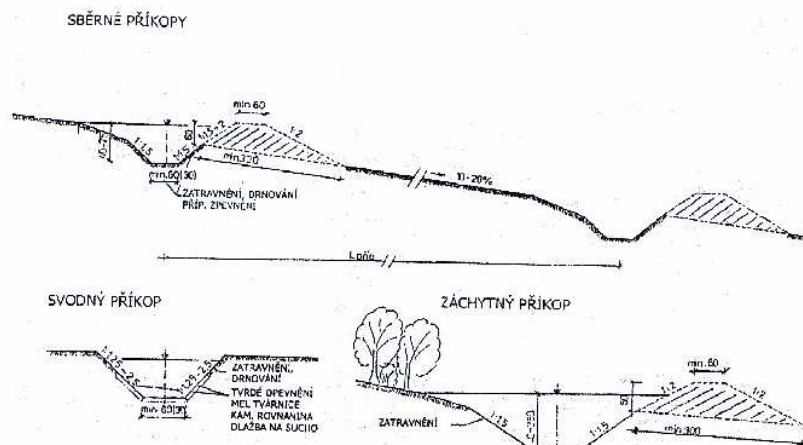
Používají se jako doplněk hydrografické sítě, zachycují a odvádí povrchové vody a splaveniny.

Z funkčního hlediska se navrhují jako:

- záchytné (obvodové) k ochraně pozemků před přítokem vnějších vod, zejména z lesů;
- sběrné pro zachycení vnitřních vod, zpravidla k omezení příliš velké délky povrchového odtoku po pozemku;
- svodné pro zajištění neškodného odtoku do recipientů.

Na pozemcích se navrhují jako jednotlivé prvky nebo v soustavě, dále jako otevřené, nezpevněné nebo zpevněné, s příčným profilem ve tvaru lichoběžníku.

Voda, odtékající při přívalových deštích, sebou odnáší kromě smyté půdy a erodovaného materiálu ze dna koryt i zbytky po sklizni, větve stromů apod., které mohou omezit nebo i zablokovat průtok v tzv. kritických profilech, což je náhlé zúžení koryta toku, např. propustek nebo profil mostku. Z těchto důvodů jsou především díky vyšší spolehlivosti, protierozní účinnosti i snazší údržbě, vhodnější přejezdné průlehy (Janeček a kol., 2002).



Obr. 11 Sběrný příkop, svodný příkop a záchytný příkop (podle Cáblika, 1963)

## **Průlehy**

Průlehy jsou protierozní opatření na orné půdě, která rozdělují dlouhý svah na řadu kratších, zachycují povrchový odtok a umožňují jeho vsak a přebytečnou vodu odvádí z pozemku. Umožní převedení části povodňového průtoku mimo chráněnou oblast.

Průlehy jsou mělké široké příkopy s mírným sklonem zatravněných svahů, založené s nulovým nebo malým podélným sklonem, v nichž se povrchově stékající voda zachycuje a vsakuje do půdy, nebo se sklonem umožňujícím neškodný odtok zachycené vody z pozemku. Záchytný prostor je možno zvětšit nízkou hrázkou pod průlehem. Rozdělují dlouhý svah na řadu kratších. Je-li nutno na pozemku navrhnout více průlehů, je vhodné je vést z mechanizačních důvodů rovnoběžně podél vrstevnic.

Mohou být obdělávatelné nebo zatravněné. Jsou zpravidla zaúst'ovány do zatravněných údolnic nebo zpevněných příkopů. Průleh má co nejméně překážet mechanizovanému obdělávání pozemku a co nejméně zabírat produkční plochu (<http://vitejtenazemi.cenia.cz>)

Podle funkce se dělí na:

- a) záchytné – slouží k ochraně pozemků před náhlými přívaly vod, budují se na pozemcích o sklonu 15 %, maximálně do 18 % na základně překročené vypočtené limitní délky svahu.
- b) sběrné vsakovací – vhodné jen pro propustné půdy, sběrné odváděcí – složí k odvádění vody z pozemku
- c) svodné – slouží k odvedení vody a erozního smyvu ze záchytných průlehů, zejména z přívalových dešťů nebo náhlého tání sněhu (Podhradská a kol., 2006).

Uvnitř pozemků se průlehy navrhují k přerušení povrchového odtoku převážně jako sběrné prvky. Jsou vhodné pro svahy s hlubšími půdami do sklonu nejvýše 8 %. Navrhují se jako jednotlivé protierozní prvky nebo v soustavě paralelně. Při návrhu soustavy průlehů by jejich paralelní vzdálenost neměla překračovat přípustnou délku pozemku.

Vzdálenosti mezi průlehy jsou závislé na sklonu pozemku, hydrologických vlastnostech půd, úhrnu a intenzitě srážek. Doporučuje se podle sklonu pozemku volit vzdálenost průlehů od 20 do 35 m.



Průlehy se vytvářejí a udržují na orné půdě jako nezpevněné obdělávatelné mělké příkopy, lépe však vegetačně stabilizované trvalými travními porosty, nebo v kombinaci se zatravněnými pásy nebo s pásovým pěstováním plodin.

Průlehy s nulovým sklonem nebo malým podélným sklonem slouží k zasakování veškeré po povrchu stékající vody. Však je možné podpořit drenáží vedenou v ose průlehu. Příčný profil musí zajišťovat potřebnou kapacitu průlehu a být schopný podélného obhospodařování. Průlehy s větším podélným sklonem musí být trvale zatravněny a slouží k odvádění po povrchu tekoucí vody. Sběrné průlehy jsou zaústřovány zpravidla do zatravněných údolnic nebo zpevněných příkopů (Janeček a kol. 2002).

### ***Zatravnění údolnice***

V důsledku morfologické rozmanitosti zemědělské krajiny dochází zejména na příčně zvlněných pozemcích během přívalových dešťů a jarního tání k soustředování po povrchu odtékající vody a vytváření hlubokých erozních rýh. Je proto nezbytné chránit tyto potenciální dráhy soustředěného povrchového odtoku co nejdokonaleji vegetačním krytem, nejlépe zatravněním.

Zatravněné údolnice se navrhují k ochraně drah povrchového odtoku, který se v důsledku členitosti terénu soustřeďuje v přirozených úžlabinách a údolnicích. Mají charakter přirozených nebo upravených svodných průlehů s vegetačním zpevněním. Příčný profil se upravuje do tvaru paraboly, méně často do tvaru lichoběžníku nebo trojúhelníku. Parametry zatravněné údolnice se stanovují na základě hydrologického a hydraulického výpočtu. Návrhový průtok pro dimenzování drah soustředěného odtoku je minimální  $Q_{10}$ .

Údolnice musí být dobře odvodněna drenáží, aby nebyla poškozována při příčném přejíždění mechanizačních prostředků nebo při přecházení dobytka. Orba okolních pozemků by měla být vždy vedena kolmo na okraje údolnice, aby se zabránilo vytváření rýh podél travního porostu údolnice.

### ***Polní cesty s protierozní funkcí***

Systém protierozní ochrany vhodně doplňuje síť polních cest, jsou-li opatřené příkopy nebo průlehy na straně svahu. Výhodné je požadavky na komunikační propojení spojit s řešením protierozní ochrany. Pozemky nejsou zbytečně tříštěny a jejich ochrana před erozí je vyšší. Polní cesty nad terénem mohou sloužit i jako protierozní hrázky.

### ***Protierozní hrázky***

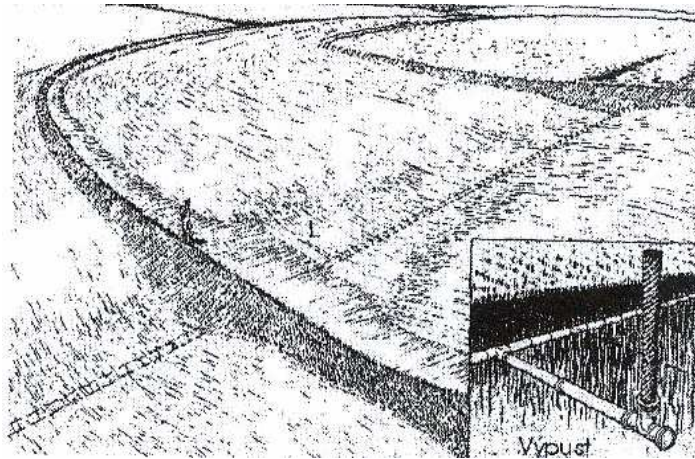
Jsou 1 až 1,5 m vysoké zemní hráze, budované na úpatí svahů pozemků, které slouží k ochraně komunikací před zaplavením vodou a zanesením splavenin (Janeček a kol. 2007).

Hrázky jsou vedeny ve směru vrstevnic se vzájemnou vzdáleností 12 – 50 m, přičemž menší rozchod platí pro sklonitější území. Aby voda nestékala podél hrázek, je nutno jejich trasu po 20 – 30 m přerušit, obvykle smyčkovitým vyvedením hrázky na délku asi 2 m směrem proti spádu území.

Hrázky se zřizují na podzim zvláště přizpůsobeným pluhem, taženým traktorem. V krajích s malými srážkami je možno takto zachytit všechn povrchový odtok v nevegetační době, přičemž se zároveň odstraní erozní škody podmíněné táním (Cáblík, Jůva, 1963).

Prostor před hrázkou a výška hrázky musí vyhovovat potřebě retence vody, včetně předpokládaného objemu usazených splavenin. Výška hrázky a velikost záchytného prostoru před hrázkou se stanovují hydrologickým a hydraulickým výpočtem. Návrhové hydrologické charakteristiky se stanovují pro požadovanou zabezpečení chráněného objektu. Svahy a koruna protierozní hrázky se stabilizují vegetačním opevněním.

Odtok vody je zpravidla zajišťován jednoduchým vypouštěcím zařízením. Osvědčily se skruže opatřené česlicemi, které umožňují postupné navyšování hrany tak, že se na původní skruž vkládá další podle toho, jak se prostor zanáší smytou zeminou. Vhodnou volbou místa vypouštěcího zařízení je možné i měnit místo původního odtoku.



**Obr. 12** Protierozní hrázka (podle Janečka, 2002)

### ***Ochranné nádrže***

Tento druh protierozní ochrany slouží k akumulaci, retenci a infiltraci povrchového toku a k zachycení splavenin, jsou většinou závěrečným prvkem systému protierozní ochrany. Budují se pro zvýšení ochrany vodních zdrojů a intravilánů jako:

- a) nádrže s vodním obsahem a vymezeným sedimentačním a retenčním prostorem
- b) suché retenční nádrže (podryl ke krátkodobému zachycení povrchového odtoku a usazení splavenin).

Nádrže jsou vhodné na místech, kde přes veškerá opatření provedená v povodí a na toku dochází k ohrožení intravilánu obcí přívalovými srážkami nebo k transportu látek

do povrchových vodních zdrojů. Měly by být schopné zadržet přívaly vody a splavenin s průměrnou dobou opakování alespoň 1x za 50 let.

Po usazení splavenin může pak z nádrže odtékat relativně čistá voda zbavená především nerozpustných látek, včetně látek na ně vázaných. Z hlediska vlivu na kvalitu vody jsou výhodnější tzv. suché nádrže, jejichž dno je možné pro větší část roku obhospodařovat jako louku. Tyto nádrže se plní jen v době zvýšeného průtoků a po pozvolném odtoku vody dochází k vysoušení nánosů a jejich prorůstání trvalými trávinnými porosty. Z tohoto typu nádrží není zpravidla nutné tak často odstraňovat nánosy. Negativní vliv nánosů spočívající v uvolňování látek v nich obsažených do vody se neprojevuje tak jako u nádrží zatopených, u kterých je nutno již při

projekčním návrhu pamatovat na periodický způsob odstraňování sedimentů a na způsob jejich využití (Janeček a kol. 2007).

#### 4.1.4 Hrazení bystřin a strží

Za bystřinu se považuje malý vodní tok s plochou povodí menší než 35 km<sup>2</sup>. Bystřiny jsou charakteristické výrazným pohybem splavenin. Prudký tok vody v bystřině způsobuje aktivní erozi dna břehů a transport erodovaného materiálu do nižší částí toku.

Nejúčinnějším protierozním prostředkem jsou opatření lesnicko-technická na bystřinách a stržích a lesnicko-pěstební v jejich povodích. V ČR je cca 1 350 km hrazených bystřin (z 20 tis. km bystřin). Zalesněno bylo více než 260 tis. ha erozí ohrožených půd.

Zvláštní pozornost vyžaduje návrh podélných sklonu dna, opevnění koryta a návrh objektů. K opevnění dna se používají pohozy, záhozy nebo dlažby, prahy nebo pásy. Přednostně se užívají vegetační a kombinované druhy opevnění. Kombinované druhy jsou haťové a haťošterkové stavby, kamenné záhozy, dlažby a laťové ploty.

Při hrazení strží jsou rozlišovány na nezachované a zachované. Ty nezachované je třeba zcela zlikvidovat a upravit plochu do stavby zemědělského pozemku. U zachovaných strží se při úpravě vychází z hydrologického posouzení podobně jako u hrazení bystřin. Při stabilizaci zemních strží je nutná komplexní přeměna jejího tvaru, která spočívá v přesunu velkého objemu zeminy získané úpravou svahů do bezpečného sklonu (Janeček a kol. 2002).

Stabilizace zemních strží je obvykle spojena s komplexní přeměnou tvaru strže s větším přesunem zemních hmot, získaných úpravou svahů do bezpečného sklonu. Úprava vodního režimu se provádí revizí skladby kultur a způsobu hospodaření na povodí v rámci komplexních pozemkových úprav provedením agrotechnických, lesnických a protierozních opatření. U vlastní strže se vždy řeší stabilita zhlaví, dna a svahů strže.

Určení stabilního sklonu dna strže a jeho úprava je základním úkolem současně s úpravou sklonu svahů. Zemina pro svahování břehů strže se urovná v jejím dně, kdy se zajistí primárními stabilizačními objekty, zejména příčnými kamennými rovnaninami, případně přehrázkami. Na takto zvýšeném dnu se teprve navrhuje úprava

sklonu dna do stabilní hodnoty. Stabilní sklon dna strže se určuje nejčastěji z nevymílacích rychlostí, odpovídajících zemnímu korytu porostlému vegetací.

Pro stabilizaci strže se kromě příčných kamenných rovnanin a přehrážek navrhuje stejné nebo podobné opevňovací objekty, používané při hrazení bystřin - tj. dřevěné, kamenné (příp. drátokamenné) prahy a stupně, dále pak plůtky a pletiva. Jejich úkolem je odstupňovat dno, zmírnit jeho sklon, zvýšit drsnost a vytvořit podmínky k akumulaci transportovaného materiálu. Zakládání těchto jednotlivých objektů v příčném profilu strže je třeba provádět tak, aby niveleta nového dna probíhala nad původním dnem. Tím se vytvoří usazovací prostory (<http://www.pro-venkov.cz>).

Dále je nutná stabilizace vrcholové části strže tzv. ganisází (vegetačním opevněním), kdy se dno vrcholové části strže vyloží smrkovým nebo vrbovým, po případně olšovým klestím. Ke stabilizaci strží jsou vhodné také zápletkové ploty z vrbového materiálu nebo kordónová výsadba olší, vrb, javorů klenů, růží šípkových apod.



**Obr. 13** Hrazená bystřina  
([www.hbaps.cz](http://www.hbaps.cz), 7.4. 2010)

#### **4.1.5 Ochrana strmých svahů před erozí**

Člověk neustále krajinu přetváří a přizpůsobuje svým potřebám. Vznikají tak nežádoucí jevy, k nimž patří zejména zrychlená eroze. Ta nepůsobí jen na zemědělské půdy, ale i na těžební a urbanizované plochy. Erozivní faktory ovšem nelze odstranit, jelikož nejde přerušit stavbu budov, těžbu materiálů apod. Je proto třeba hledat způsoby jak co nejefektivněji chránit obnažený terén před účinky dešťové vody.

Použití vegetace na nově vytvořených plochách je u všech půd nejvýnosnějším protierozním opatřením.

Travní směsi by měly být tvořeny základními druhy trav (40 – 60 %), doplňkovými (10 – 30 %) a speciálními (5 – 20 %). Základním druhem je kostřava červená (*Festuca rubra*), protože je velmi vytrvalá a adaptibilní. Z doplňkových druhů jsou to lipnice luční (*Poa pratensis*), jílek vytrvalý (*Lolium perenne*), psineček tenký (*Agrostis tenuis*), kostřava ovčí (*Festuca ovina*) aj. Ze speciálních pohánka hřebenitá (*Cynosurus cristatus*), lipnice hajní (*Poa nemoralis*) a některé vikvovité – jetel plazivý (*Trifolium repens*), štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*), tollice dětelová (*Medicago lupulina*) aj.

Nejjednodušším materiálem pro stabilizaci půdy je voda, kterou se stříkají svahy uhelných výsypek. Tato metoda však není ekonomická, proto se používají chemické stabilizátory na bázi polymerů, které jsou daleko účinnější.

K ochraně svahů se používá také přirozený drn, získávaný většinou přímo na staveništi nebo rolovaný drn, který vzniká setím speciální travní směsi na umělý živný podklad rozprostřený na folii.

Osevní metody mohou být doplněny položením sítí z juty, kokosových a syntetických vláken. Geotextilie chrání svah do doby než funkci převezme souvislý drn. U nás se vyrábějí biodegradovatelné polypropylové mřížkové geotextilie se speciální aditivací, která ovlivňuje dobu rozpadu (2 – 3 roky), kdy je svah zpevněn přirozenou vegetací.

Dalším doplňkem mohou být travní rohože z organických vláken. Tvoří je dvě vrstvy, mezi kterými je uloženo travní semeno. Rohože poskytují okamžitou protierozní ochranu, zmírňují růst plevelů na svahu a udržují vlhkost důležitou pro klíčící semena.

Celulární systémy jsou dalším způsobem ochrany svahů. Jejich předností je to, že jsou mimo jiné lehké, pevné a odolné vůči atmosférickým vlivům. Jde o polyetylenovou buněčnou strukturu, podobající se včelímu plástvu. Do jednotlivých buněk se vysazuje vegetace.

Metody a způsoby ochrany svahů proti vodní erozi se neustále vyvíjejí. Při jejich navrhování je kladen velký důraz zejména na ekologickou a finanční stránku věci (Janeček a kol. 2002).

## **4.2 Opatření před větrnou erozí půdy**

### **4.2.1 Organizační opatření před větrnou erozí**

Základem organizačních opatření je uspořádání pozemků, výběr kultur podle náchylnosti k větrné erozi a jejich delimitace. Na velkých půdních blocích lze k zmírnění eroze využít pásové střídání plodin

#### ***Výběr pěstovaných plodin a delimitace druhů pozemků***

Trvalé porosty jsou nejúčinnějším opatřením chránícím půdu před větrnou erozí. Trvalý travní porost chrání půdu před erozí a udržuje půdní vlhkost. Proto na erozí silně ohrožených půdách je nejvhodnější založení trvalého porostu. Do osevních postupů na erozně velmi náchylných půdách je proto vhodné zařadit víceleté pícniny (trávy a jeteloviny) a ozimé obilniny. Významně zvyšují ochranu půdy před erozí i ozimé meziplodiny, zvláště ve vazbě na přímý výsev následné plodiny do jejich strniště. Před větrem se musí chránit rostliny náchylné v počáteční růstové fázi jako např. kukuřice, slunečnice, okopaniny, zelenina, mák. Ve speciálních kulturách (sady, vinice) se doporučuje zatravnění meziřadí.

#### ***Pásové střídání plodin***

Pásové střídání patří k základním způsobům ochrany před větrnou erozí. V oblastech s velkou intenzitou větrné eroze se pásy orné půdy střídají s trvale zatravněnými pásy. V oblastech méně ohrožených stačí střídat plodiny odolnější vůči větru s méně odolnými.

Pásy oseté plodiny odolnými vůči větrné erozi nebo strniště zeslabují sílu větru při povrchu půdy, zmírňují nebo zabraňují odnosu půdy a snižují výpar vody z polí nechráněných plodinami. Obvykle se navrhují pásy od 40 až 50 m do 100 až 200 m. Na hlinitých půdách by pásy měly být širší než na písčitéch. Při řádkovém výsevu nebo výsadbě by řádky měly být rovnoběžně s tou stranou půdního bloku, která je situovaná kolmo na převládající směr větru.

Příkladem pásového střídání je střídání úzkých pásů kulisových plodin (např. 4 řádky kukuřice ponechané přes zimu), které chrání erozně rizikové plodiny (zelenina, cukrovka). Ochranné pásy kulisových plodin chrání sousední plochy do vzdálenosti

20násobku výšky kulisy v závětrí a 10násobku výšky kulisy v návětrí. Šířka chráněného pásu v případě ponechané kukuřice o výšce cca 2 m je tedy maximálně 60 m.

### ***Tvar a velikost pozemku***

Nástrojem k vytváření nových půdních celků jsou pozemkové úpravy. Jimi lze pozemky uspořádat, scelovat a dělit při respektování všech požadavků na ochranu a tvorbu krajiny i nároků vlastníků. Zásadou je pozemky situovat delší stranou kolmo k převládajícím směrům větru a jejich šířku volit tak, aby umožňovala založení dostatečného počtu a šířky pásů při pásovém střídání plodin. Limitní rozměry pozemků jsou dány způsobem hospodaření (používání ochranných agrotechnologií) a existencí trvalých větrných bariér tvořících jejich přirozené hranice (ochranné lesní pásy, aleje, stromořadí, budovy, terénní překážky). Na nestrukturních písčitých půdách by neměla šířka nechráněného pozemku ve směru převládajících větrů přesáhnout 50 m.

## **4.2.2 Agrotechnická opatření před větrnou erozí**

Do této skupiny se řadí především ochranné obdělávání, které zvyšuje nedostatečnou půdoochrannou funkci pěstovaných plodin a dále úprava struktury půdy a zlepšení vlhkostního režimu lehkých půd.

### ***Úprava struktury půdy***

Omezení větrné eroze úpravou struktury půdy spočívá ve zvýšení soudržnosti půdy a vytváření půdních agregátů, které pro jejich velikost již vítr netransportuje. Zlepšení struktury se zlepšuje i fyzikální vlastnosti lehkých půd. Zvýšení obsahu půdních agregátů odolávajících erozi (větších než 0,8 mm) se dosáhne zvýšením přísunu organické hmoty do půdy:

- pěstováním jetelovin a trav,
- ponecháním posklizňových zbytků,
- zeleným hnojením
- pravidelním hnojením organickými hnojivy.

Fyzikálně chemické vlastnosti lehkých nestrukturních půd lze zlepšit přidáním bentonitu, slínu, opuky, rybničního bahna apod. Dalším opatřením může být postřik



tmelícími prostředky, které dočasně stmelí půdní částice v agregáty a tím zvýší odolnost povrchu půdy před odnosem větrem. Tyto metody jsou ale finančně nákladné.

### ***Zlepšení vlhkostního režimu lehkých půd***

Zvyšováním vlhkosti půdy se dosáhne zvýšení její soudržnosti a tím snížení erodovatelnosti. Zvýšení vlhkosti povrchu půdy lze dosáhnout:

- vyloučením plošného kypření povrchu půdy
- mulčováním,
- zadržením sněhu na povrchu půdy (zásněžky),
- regulační drenáží,
- závlahou.

### ***Ochranné obdělávání půdy***

Ochranné obdělávání zahrnuje celou řadu technologických postupů, k nimž se řadí jednak přímý výsev do ochranné plodiny nebo strniště, mulčování, využívání meziplodin a minimalizace (sdružování) pracovních postupů.

Protierozní účinky těchto zásahů se projeví zvýšením drsnosti povrchu půdy, zmenšením přímého účinku větru na povrch půdy, zlepšením půdní struktury, zvýšením půdní vlhkosti a zkrácením meziorostního období.

Pro zvýšení ochrany půdy před větrnou erozí je velmi důležité zvolit technologie, které zkracují bezporostní období a využívají rostlinné zbytky předplodin a meziplodin. Z hlediska protierozního působení je obdobně jako u opatření před vodní erozí účinná technologie přímého setí do nezpracované půdy – strniště, navíc doplněné podříznutím širokými šípovými radlicemi. Strniště chrání půdu před větrnou erozí lépe než rozdrčená sláma, kterou vítr odnáší a podříznutí omezí růst plevelů a výdrolů. Při tomto postupu (rozdrčení posklizňových zbytků a ponechání na poli) lze rostlinné zbytky částečně zapravit do půdy.

Zkrácení období, kdy je půda bez vegetačního krytu, lze docílit včasným založením porostu meziplodiny do mělce zpracované půdy nebo do strniště. Po umrtvení meziplodiny mrazem během zimního období je půda kryta mulčem. Při setí kukuřice je vhodné vysévat osivo do chemicky umrtveného drnu nebo využívat současného setí kukuřice a ochranné podplodiny (ozimé žito nebo ozimý ječmen) vyseté do meziřadí na jaře. Účinnost agrotechnických opatření ovlivňuje volba vhodné mechanizace.

### 4.2.3 Technická opatření před větrnou erozí a větrolamy

Trvalého snížení škodlivého účinku větru, jeho rychlosti a turbulentní výměny vzduchu lze dosáhnout tím, že se větru postaví překážka. Takovou překážkou mohou být umělé větrné zábrany nebo úzké pruhy lesa – ochranné lesní pásy – větrolamy.

Jako umělé dočasné zábrany se používají přenosné ploty z odpadových prken, odpadních hliníkových folií, rákosu apod. Nejúčinnější zmírňuje rychlost větru síťové uspořádání zábran. Umělé překážky větru se umísťují tam, kde je nutno dočasně chránit plodiny, např. zeleninu, před účinky větru.

Trvalé lesní porosty, tzv. ochranné lesní pásy – větrolamy, patří k nejúčinnějším opatřením proti vodní erozi (Janeček a kol., 2007).

Jejich prospěšné účinky záleží v tom, že podstatně zmírňují rychlost větru, chrání půdu před odnosem, snižují půdní výpar, regulují teplotu a vlhkost v přízemní vrstvě ovzduší, podporují rovnoměrnější ukládání sněhu, chrání osení před vymrzáním apod. Jsou také zdrojem dřevní hmoty, umožňují hnízdění užitečného ptactva a zachycují semena plevelů rozšiřovaná větrem. Dobrá působnost větrolamů závisí na hustotě, druhové a věkové skladbě dřevin, které tvoří porost pásů, i na polohovém uspořádání pásů, jejich šířce a vzájemné vzdálenosti (Jůva a kol., 1977).

Větrolamy se dělí na tři základní typy:

- prodouvavý – větrolam složený z jedné či dvou řad stromů, bez keřového patra. Jeho protierozní efekt je nízký, navíc v kmenovém porostu aleje může docházet k tryskovému efektu
- neprodouvavý – porost je složen z více řad, dobře zapojený, keřové patro je vytvořeno, na návětrné i závětrné straně dochází k vytvoření uzavřené stěny. U neproudového typu větrolamu sice klesá rychlost větru podstatně více, než u typu poloprodouvavého, ale na kratší vzdálenost.
- poloprodouvavý – tvořen z jedné nebo dvou řad stromů a keřového patra. Tento typ je nejvhodnější, protože zde dochází jak k obtékání vzdušných mas přes větrolam, tak také k jejich prostupování porostem. Na závětrné straně dochází ke splývání proudnic jež obtékají větrolam přes vrchol s těmi, které jím procházejí. Výslednice obou proudů pak směřuje k povrchu půdy ve větší vzdálenosti, než u větrolamu neprodouvavého.

Po vymezení území, které je ohroženo větrnou erozí, je třeba určit vzdálenost a umístění větrolamů. V rovinném terénu by měly větrolamy vytvářet obrazce obdélníkového tvaru, kde delší strany představují hlavní větrolamy situované kolmo na převládající směr větru a kratší strany jsou vedlejší větrolamy. V členitém terénu je vhodné přihlížet k jeho konfiguraci a umístit pásy na vyvýšená místa, čímž se ještě zvýší účinnost. Pásy mají být orientovány tak, aby vznikl mezi nimi uzavřený obrazec, který by chránil celé území při měnícím se směru větru. Odstupovaná vzdálenost hlavních větrolamů se řídí účinností vzrostlého větrolamu a typem půdy, tedy na suchých a vysušených půdách 300 až 400 m, na hlinitých půdách 500 až 600 m, na těžkých půdách až 850 m s výjimkou specifických oblastí s těžkými půdami, které podléhají větrné erozi. Vedlejší pásy mohou být od sebe vzdáleny až 1000 m. Vzdálenost pásů by měla být volena, tak aby snížená rychlost větru mezi pásy byla nižší než je unášecí rychlost půdních částic.

Důležitým předpokladem vysoké účinnosti ochranných lesních pásů je nejen jejich údržba, ale i správná volba dřevin. Je třeba zohlednit především dvě základní podmínky – druhy musí odpovídat přírodním podmínkám a vyhovovat danému stanovišti a současně musí být vhodné pro konstrukci větrolamů, tj. dosáhnout vhodné výšky, zajistit potřebnou propustnost a dlouhověkost.

Pro dosažení rychlého účinku, dostatečné odolnosti a trvalosti větrolamu je vhodné zajistit kombinaci více dřevin. Dřeviny se dělí na:

- základní: tvoří kostru porostu, vyznačují se dlouhověkostí a dokonalým zakotvením v půdě, díky tomu odolávají velkým nárazovým tlakům způsobených větrem. Jejich obnova je snadná, v mládí rostou zpravidla pomalu. Těmto požadavkům nejlépe vyhovuje: dub (*Quercus robur*, *Quercus patrae*, jako příměs je možno použít i *Quercus cerris*, *Quercus rubra*, *Quercus lanuginosa*), lípa (*Tilia platyphylos*, *Tilia cordata*), javor (*Acer platanoides*, *Acer pseudoplatanus*, *Acer campestre*, *Acer tataricum*), jasan (*Fraxinus excelsior*), buk (*Fagus silvatica*), ořešák (*Juglans nigra*, *Juglans regia*). Při zakládání ochranných lesních pásů na písčích se hodí i borovice (*Pinus silvatica*);
- dočasné: v mládí se vyznačují rychlým růstem. Nejsou vždy dosti odolné, nedosahují vysokého věku a jejich hlavním úkolem je urychlit působení větrolamu. Pro tento účel se hodí topol (*Populus alba*, *Populus tremula*, *Populus canadensis*), bříza (*Betula pendula*), jeřáb (*Sorbus aria*, *Sorbus aucuparia*, *Sorbus*

- domestica, Sorbus torminalis), jilm (Ulmus laevis), olše (Alnus incana, Alnus viridis), v teplejších oblastech moruše (Morus alba), kaštan (Castanea sativa);
- vedlejší: jejich koruny chrání půdu opadem listí zlepšují obsah živin. Jejich úkolem je doplnění základních dřevin a zajištění optimální propustnosti pod jejich korunami. V dospělosti se z větrolamů neodstraňují. Jako vhodné dřeviny této skupiny lze uvést: jabloň (Malus communis), hrušeň (Pirus communis), třešeň (Prunus avium, Prunus cerasus, Prunus mahaleb), akát (Robinia pseudoacacia), výjimečně také modřín (Larix decidua) a smrk (Picea excelsa).

Zvláštní funkci mají keře. Vytvořením souvislé živé stěny do výše 0,6 -1,5 m zabraňují přízemnímu proudění vzdušných mas, zachycují sněh a půdní částice unášené větrem, chrání půdu založeného porostu před přílišným zahříváním a velkým výparem, zabraňují odváti listí z pásu a vlastním opadem přispívají k obohacení půdy, zabraňují pronikání buřeně do pásů a rozšiřování plevelu do sousedních zemědělských kultur. Mohou sloužit jako hnízdiště ptáků a jako úkryty pro zvěř.

Při konstrukci větrolamu je třeba také dbát na jeho polyfunkčnost – pásy trvalé zeleně mohou sloužit jako prvky územních systémů ekologické stability – biokoridory, plní funkci estetickou a krajinnotvornou a současně je možné podél nich (někdy také i uvnitř větrolamu) vést cestní síť. Druhová skladba by proto měla být promyšlená a dostatečně pestrá, aby ochranný pás vedle funkce protierozní plnil i funkce další.

V prvních 3 až 5 letech je nutná ochrana hlavně proti biotickým činitelům (buřen, zvěř). V případě většího úhynu je nutné provést vylepšení odpovídajícím sadebním materiálem. Dále je nutné zabezpečit, aby nedocházelo k nežádoucím účinkům při hnojení a chemické ochraně zemědělských kultur.

Po zapojení potřebují větrolamy pravidelné výchovné zásahy, v opačném případě dochází k přehustění, ztrátě odolnosti a větrolam ztrácí na funkčním účinku. V porostech kde se udržuje dokonalé, ale nepřehoustlé zapojení, nedochází v tak velké míře k prosychání dřevin, jako u přehoustlých, výchovou neovlivněných porostů. Při výchovných zásazích je nutno odstraňovat oslabené a usychající jedince a přehoustlý podrost z keřů u vedlejších dřevin. Včas je třeba odstranit přírůstovou složku větrolamu, protože ta má nepříznivý vliv na růst základních dřevin.

Výchovné zásahy zlepšují výživu a zásobování dřevin vodou, zlepšují jejich růst a stavbu. Současně dochází ke zlepšení struktury porostu a aerodynamických vlastností větrolamu. Při všech návrzích a volbě dřevin je nutné vždy mít na zřeteli, že ochranné

lesní pásy jsou úzké pruhy lesa, rostoucím v extrémních podmínkách, kde je třeba potlačovat rozbujení plevelů. Při vzrostlých stromových dřevinách a požadované 50 % prodouvavosti se dostává z obou stran do pásu světlo. Je tedy třeba stále pečovat o zastínění a zápoj a tím zabránit přílišnému pronikání světla do porostu, aby se plevele nerozbujely (Janeček a kol., 2007).



**Obr. 14** Ochranné lesní pásy – větrolamy  
([www.uake.cz](http://www.uake.cz), 15.3. 2010)

## 5. Závěr

Půda je základní složkou životního prostředí a stále ještě nezastupitelným výrobním prostředkem v zemědělství. Eroze ochuzuje zemědělskou půdu o její nejurodnější část – ornici. Eroze snižuje obsah živin a humusu v půdě, způsobuje ztráty osiv, hnojiv a přípravků na ochranu rostlin.

Vodní erozí uvolněné půdní částice obsahují nebezpečné látky, které znečišťují vodní zdroje. Velké povodňové průtoky poškozují budovy a komunikace. Větrná eroze způsobuje škody na mladých rostlinách, velké škody způsobuje také navátá ornice. Vodní a větrná eroze ohrožuje nejvíce půdní plochy. Vodní erozí je celkově postižena 1,1 miliarda hektarů orné půdy, větrnou pak téměř 550 milionů hektarů orné půdy na světě.

V České republice je vodní erozí ohroženo 52% zemědělské půdy a větrnou erozí 10 % ploch zemědělské půdy.

Vodní a větrná eroze postihuje převážně úrodné zemědělské oblasti s výskytem cenných černozemí, což způsobuje zemědělcům nemalé škody. Proto jsou nanejvýš nutné realizace protierozních opatření. Jde zejména o tyto druhy protierozních opatření – terasování svahů, protierozní obdělávání plodin, hrazení bystřin a strží, budování ochranných lesních pásů a větrolamů. Protierozní opatření znatelně omezí působení přírodních sil a jejich následky nejen na porostech a zemědělských půdách, ale i na lidských životech. Zásahy do přírody však musí být jen v takové míře, aby se s nimi dokázala vyrovnat.

## 6. Summary

Klíčová slova: eroze půdy, vodní eroze, větrná eroze, zemědělské techniky, trojpolní systém, zemědělské plodiny, odlesňování, zhutnění půdy, protierozní ochrana půdy, tvar pozemku, terasování, větrolamy

Key words: soil erosion, fluvial erosion, aeolian erosion, techniques, crop rotation, agricultural products, deforestation, soil compaction, soil protection from erosion, land form, contour ploughing, shelter belts

Soil is basic komponent of the enviroment and non-renewable ressource of agriculture. Farmlan is depledet of the most fertile part – plough layer. Erosion become lower content of nutrients and humus, cause loss of seeds, fertilizers and spatters for crops protection.

Particles of soil contain pollutants dangerous for water sources. Spates damaged buildings and communications. Wind erosion had a negative influence on young seedlings, atmosphere bečíme polluted by particles of soil in whirlwind.

By the water erosion and daflation is damaged the largest soil area. Overall almost

1,1 miliard hectares of arable land are struck by water erosion and by wind erosion suffer nearly 550 milion hectares of arable land throughout the world.

In the Czech Republic is hit by water erosion 52 % of agricultural and 10 % of agricultural lan dis cause damane by deflation

Water and wind erosion damage predominatly Vergile agriculture areas with appearance of high-yielding blafl lands and this cause disadvanteg for farmers. For this way are extremely necessary soil complementation measuresm for example benching, erosion control planting, regulations of mountain streams, gully plugging and forest shelterbelts and windbreaks construction. These precautions really decrease influence of natural elements and their cosequences not only on plant cover and agricultural land but also on human lives. But pay attention to in order that human intervention will be very gently towards nature.

## 7. Použitá literatura

- Cáblík, J., Jůva, K. (1963): Protierozní ochrana půdy. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 324 s.
- Dumbrovský, M. (2006): Metodická doporučení pro optimalizaci vodního režimu v ploše povodí. EKOTOXA OPAVA s.r.o., 31 s.
- Holý, M. (1978): Protierozní ochrana. SNTL, Praha, 283 s.
- Hůla, J., Šimon, J. (1989): Systémy zpracování půdy a způsoby snižování nadměrného tlaku na půdu. Stud. informace ÚVTIZ, Praha, 44 s.
- Janeček, M. a kol. (2002): Ochrana zemědělské půdy před erozí. ISV Nakladatelství, Praha, 201 s.
- Janeček, M. a kol. (2007): Ochrana zemědělské půdy – metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. Praha, 76 s.
- Javůrek, M., Vach., M. (2008): Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha, 26 s.
- Jůva, K., Hrabal, A., Tlapák, V. (1977): Ochrana půdy, vegetace, vod a ovzduší. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 180 s.
- Kozlík, V., Mališ, O., Alena, F. (1961): Ochrana půdy před vodnou eróziou. SVPL, Bratislava, 233 s.
- Löw, J., Míchal, I. (2003): Krajinný ráz. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy, 552 s.
- Pasák, V. a kol. (1984): Ochrana půdy před erozí. Státní zemědělské nakladatelství. Praha, 164 s.



Pobědinskij, A.V., Krečmer, V. (1984): Funkce lesů v ochraně vod a půdy. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 256 s.

Podhrázská, J., Dufková, J. (2005): Protierozní ochrana půdy. Mendlova zemědělská a lesnická univerzita Agronomická fakulta, Brno, 99 s.

Stehlík, O. (1981): Vývoj eroze půdy v ČSR. Geografický ústav ČSAV, Brno, 44 s.

Šimon, J. a kol. (1999): Zakládání porostů hlavních polních plodin novými technologiemi. Agrospoj Praha, Praha, 78 s.

Šimon, J., Zimová, D. (1983): Meziplodiny v soustavě hospodaření na půdě. Stud. inform. ÚVTIZ, Praha, 68 s.

Zachar, D. (1970): Erózia pôdy. Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied. Bratislava. 528 s.

### **Internetové zdroje**

Agentura ochrany přírody a krajiny ČR [online]. [cit. 2010-03-05]. URL:  
<http://www.havlickuvbrod.ochranaprirody.cz/index.php?cmd=page&id=3889>

BIOM [online]. [cit. 2010-04-26]. URL:  
<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/energeticke-plodiny-povodne-a-eroze>

CEA [online]. [cit. 2010-04-26]. URL:  
<http://cea.livinghistory.cz/zivotvm/remesla/zemedelstvi/>

EAGRI [online]. [cit. 2010-03-05]. URL:  
[http://eagri.cz/public/eagri/file/37016/\\_16\\_organizacni\\_protierozni.pdf](http://eagri.cz/public/eagri/file/37016/_16_organizacni_protierozni.pdf)

HBAPS [online]. [cit. 2010-04-05]. URL:  
[http://www.hbaps.cz/hrazeni\\_bystrin.html](http://www.hbaps.cz/hrazeni_bystrin.html)

IRA [online]. [cit. 2010-04-05]. URL:

[http://www.iri.cz/kr-olomoucky/rc5/pdf/4\\_4.pdf](http://www.iri.cz/kr-olomoucky/rc5/pdf/4_4.pdf)

LCR [online]. [cit. 2010-04-26]. URL:

[http://www.cukr-listy.cz/on\\_line/2010/PDF/22-26.PDF](http://www.cukr-listy.cz/on_line/2010/PDF/22-26.PDF)

P&L [online]. [cit. 2010-03-10]. URL:

<http://www.pal.cz/article/4752.seti-kukurice/>

PNEU [online]. [cit. 2010-03-15]. URL:

<http://www.auta5p.eu/informace/info/pneu.htm>

PRO VENKOV [online]. [cit. 2010-03-15]. URL:

[http://www.pro-venkov.cz/download.php?file=upload/www.pro-venkov.cz/aktivity-projekty/\\_dir/4913/u-lm-asanace-strzi.pdf](http://www.pro-venkov.cz/download.php?file=upload/www.pro-venkov.cz/aktivity-projekty/_dir/4913/u-lm-asanace-strzi.pdf)

PŘÍRODA [online]. [cit. 2010-04-05]. URL:

<http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=1100>

SoCo Project [online]. [cit. 2010-03-15]. URL:

<http://soco.jrc.ec.europa.eu/documents/CZFactSheet-07.pdf>

SOWAC GIS [online]. [cit. 2010-03-10]. URL:

[http://ms.vumop.cz/mapserv/dhtml\\_eroze/index.php?project=dhtml\\_eroze&](http://ms.vumop.cz/mapserv/dhtml_eroze/index.php?project=dhtml_eroze&)

UAKE [online]. [cit. 2010-04-05]. URL:

<http://www.uake.cz/frvs1269/kapitola9.html>

Vítej na Zemi [online]. [cit. 2010-03-15]. URL:

<http://vitejtenazemi.cenia.cz/slovník/index.php?article=231>

Wikipedia [online]. [cit. 2010-04-07]. URL:

[http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Crop\\_rotation\\_-\\_cs.png](http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Crop_rotation_-_cs.png)

# **Přílohy**

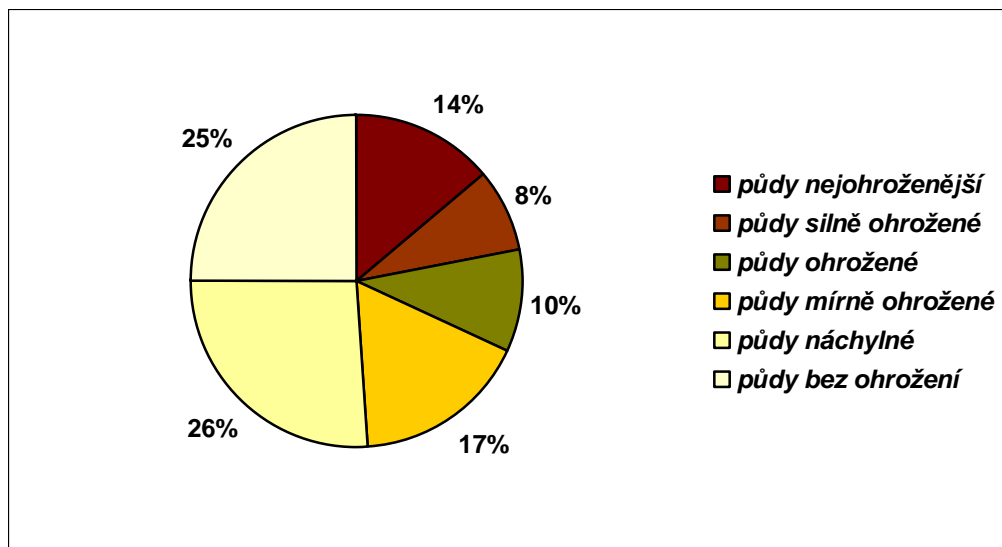
## **Seznam příloh**

**Příloha 1** Grafy potencionálního ohrožení zemědělské půdy ČR

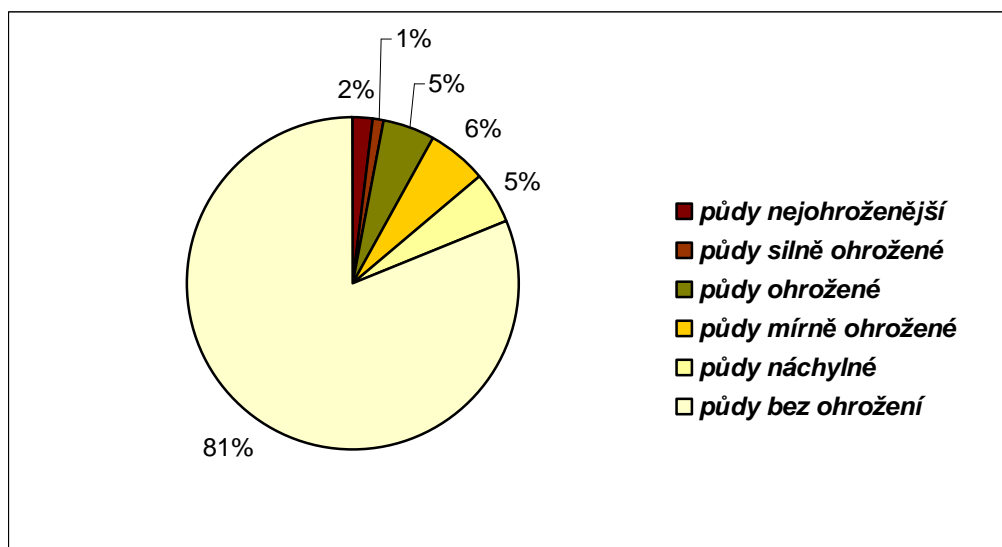
**Příloha 2** Mapy potencionální ohroženosti zemědělských půd ČR

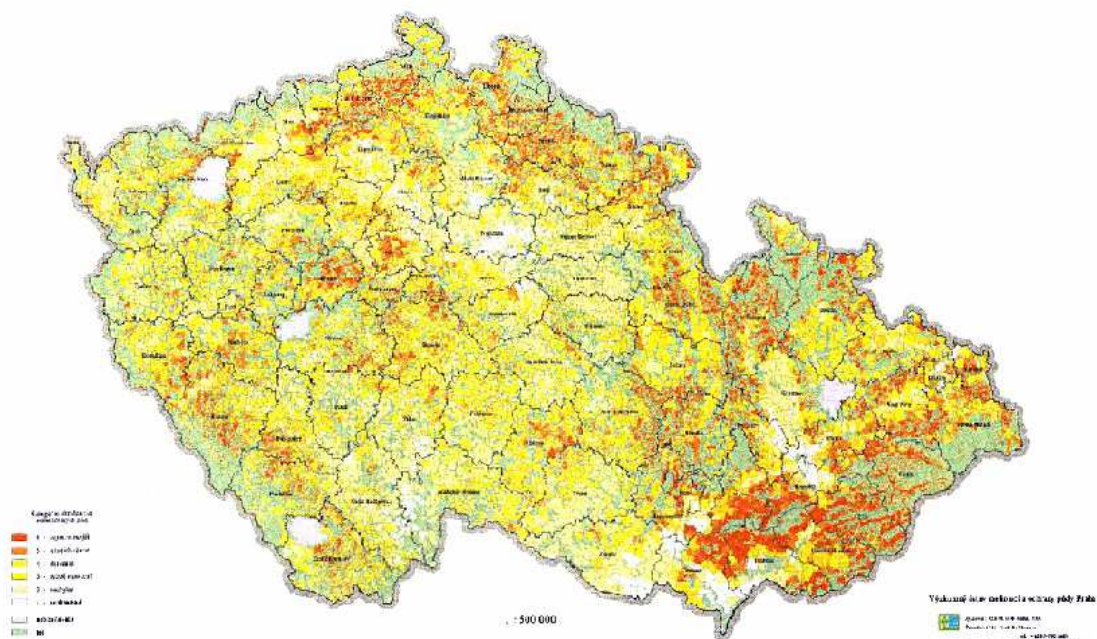
**Příloha 3** Diplomová práce v digitální podobě (elektronická verze v PDF na CD)

**Graf 1** Podíl kategorií potenciálního ohrožení zemědělské půdy ČR vodní erozí (dle databáze BPEJ)

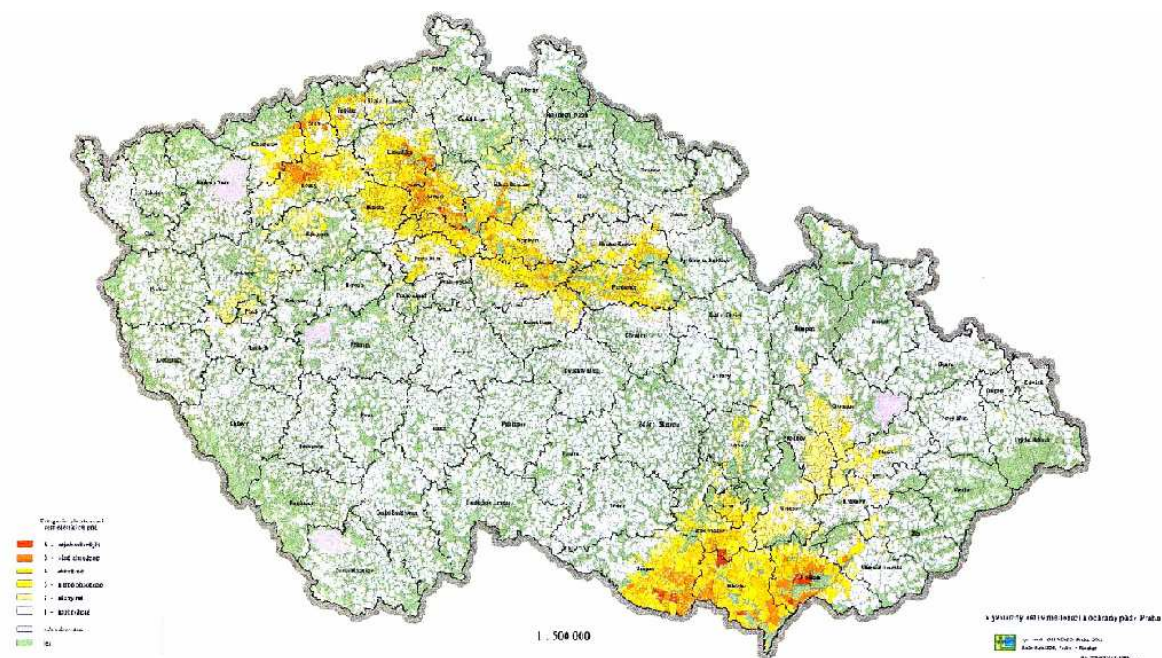


**Graf 2** Podíl kategorií potenciálního ohrožení zemědělské půdy ČR větrnou erozí (dle databáze BPEJ)





**Obr. 1** Mapa potencionální ohroženosti zemědělských půd vodní erozi podle katastrů (podle Janečka, 2007)



**Obr. 2** Mapa potencionální ohroženosti zemědělských půd větrnou erozi podle katastrů (podle Janečka, 2007)