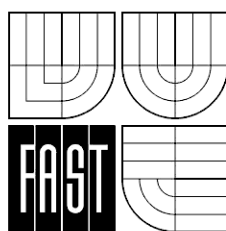


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
FAKULTA STAVEBNÍ

---

# VODOHOSPODÁŘSKÉ STAVBY

MODUL 04  
MELIORAČNÍ STAVBY



STUDIJNÍ OPORY  
PRO STUDIJNÍ PROGRAMY S KOMBINOVANOU FORMOU STUDIA

---



---

# OBSAH

<b>1 Úvod</b> .....	<b>5</b>
1.1 Cíle .....	5
1.2 Požadované znalosti .....	5
1.3 Doba potřebná ke studiu .....	5
1.4 Klíčová slova .....	5
1.5 Použitá terminologie .....	5
<b>2 Meliorační stavby</b> .....	<b>5</b>
2.1 Hydrologie .....	5
2.1.1 Vymezení pojmů.....	5
2.1.2 Koloběh vody na zemi.....	6
2.1.3 Vodní bilance v povodí .....	7
2.1.4 Měření a pozorování hydrologických jevů (hydrometrie) .....	7
2.2 Ochrana před velkými vodami .....	8
2.2.1 Opatření k ochraně před povodněmi .....	9
2.2.1.1 Povodňové plány .....	9
2.2.2 Opatření na ochranu před velkými vodami.....	11
2.2.2.1 Biologická opatření .....	11
2.2.2.2 Vodohospodářsko-technická opatření .....	12
2.3 Rybníky a účelové nádrže.....	16
2.3.1 Vodohospodářské řešení malých vodních nádrží .....	16
2.3.2 Objekty na rybnících a účelových nádržích.....	17
2.3.3 Funkce účelových nádrží.....	21
2.3.4 Čištění odpadních vod v umělých mokřadech a akvakulturách.....	22
2.4 Vodní hospodářství krajiny.....	23
2.4.1 Posouzení příčin sucha a moka .....	24
2.4.2 Úprava vodních poměrů závlahou.....	27
2.4.2.1 Zdroje závlahové vody .....	29
2.4.2.2 Jakost závlahové vody.....	29
2.4.2.3 Uspořádání závlahové soustavy.....	30
2.4.2.4 Zařízení podrobné závlahy.....	32
2.4.3 Odvodnění půd.....	35
2.4.3.1 Hlavní odvodňovací stavby.....	36
2.4.3.2 Podrobná odvodňovací zařízení.....	38
2.4.3.3 Zvláštní způsoby odvodnění .....	40
2.5 Ochrana a organizace povodí .....	42
2.5.1 Větrná eroze půdy.....	42
2.5.2 Vodní eroze půdy.....	43
2.6 Revitalizace, rekultivace a pozemkové úpravy .....	47
2.6.1 Revitalizace vodních toků a melioračních kanálů .....	48
2.6.2 Revitalizace malých vodních nádrží.....	50
2.6.3 Rekultivace půd .....	51

2.6.4	Pozemkové úpravy.....	53
<b>3</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>57</b>
<b>4</b>	<b>Studijní prameny .....</b>	<b>57</b>
<b>5</b>	<b>Klíč.....</b>	<b>58</b>

# 1 Úvod

## 1.1 Cíle

Modul Vás seznamuje s problematikou vodohospodářských krajinných úprav, které jsou prováděny z důvodu vytvoření v přirozené krajině *lepšího životního prostředí pro člověka* na určitém stupni sociálního rozvoje společnosti. Tyto zásahy do krajiny zároveň zvyšují možnosti ekonomického využití krajiny. V modulu se seznámíte s melioračními zásahy a jejich podmínkami existence, využitím a důsledky.



- Hydrologie a hydropedologie
- Rybníky
- Závlahy a odvodnění
- Ochranu povodí před erozí a pozemkové úpravy

## 1.2 Požadované znalosti

Pro bezproblémové osvojení si a porozumění obsahu modulu je nutno mít základní znalosti:



- Matematiky, fyziky a chemie
- Modulu 01 této opory studia

## 1.3 Doba potřebná ke studiu

Pro nastudování textu je potřebná doba 20-ti hodin, pro osvojení si metod výpočtu je nutno propočítání doporučených příkladů v rozsahu dalších 30-ti hodin.



## 1.4 Klíčová slova

Meliorační stvby, rybníky, odvodnění, závlahy, eroze, pozemkové úpravy, povrchový odtok, ochrana před povodněmi



## 1.5 Použitá terminologie

Použitá terminologie je závaznou terminologií uváděnou ve vodohospodářských normách a běžné vodohospodářské praxi.



## 2 Meliorační stavby

Meliorační stavby jsou vodohospodářské stavby, které výrazným způsobem zasahují do krajiny, jak do její materiální podstaty ( např. topografie ), tak do vztahů které mezi součástmi krajiny fungují ( např. rostlinná a živočišná společenstva ) a přetvářejí ji podle potřeb lidské společnosti. Tyto stavby napomáhají optimálnímu využívání krajiny *civilizovanou* lidskou společností jak zvyšováním a intenzitou využití krajiny např.:



- závlahy
- odvodnění, ochrana před velkými vodami
- pozemkové úpravy

tak napomáhání vytváření co nejstabilnější a nejpřirozenější krajiny např.:

- rekultivace a revitalizace

Jako základní podklad pro tvorbu tohoto modulu byl použit učební text VUT FAST Vodní stavitelství z roku 2002, který v tématice melioračních staveb vytvořil Prof.Ing. Jan Šálek, CSc.

### 2.1 Hydrologie

#### 2.1.1 Vymezení pojmů

Hydrologie by podle doslovného překladu z řečtiny znamenala nauku o vodě. Dnes používáme tohoto názvu v užším smyslu a rozumíme jím vědu o výskytu a oběhu vody v přírodě, která ze systematického pozorování těchto jevů vyvozuje příslušné zákony. Patří tedy k vědám přírodním a prohlubuje v tomto smyslu metody fyzikálního zeměpisu. Její výsledky jsou bezprostředně potřebné pro navrhování a provoz vodních, komunikačních a jiných staveb. Technická aplikace této vědy od ní vyžaduje co nejspolehlivější podklady pro řešení úloh v technických oborech, ve kterých se využívá vody, nebo kde se chráníme před jejími nepříznivými účinky.



Hydrologie tak poskytuje spolu s hydraulikou podklady pro dimenzování staveb a objektů a umožňuje také jejich ekonomické zhodnocení.

Podle prostředí, ve kterém se výskyt a pohyb vody sleduje dělíme hydrologii pevnin na: hydrologii povrchových vod tekoucích (potamologie), hydrologii povrchových vod stojatých (limnologie), hydrologii vod podzemních a hydrologii atmosféry (hydrometeorologii) zabývající se vlhkostí ovzduší, srážkami a výparem.



Hydrologické jevy je třeba soustavně pozorovat a měřit (hydrometrie) a následně zpracovávat pro určení celkové bilance. Na základě pozorování se vyvozují výskyty určitých hodnot v budoucnosti (překročení a opakování jevů, extrémní hodnoty a vliv přírodních činitelů na jejich velikost). Nejspolehlivější

jsou pozorování dlouhodobá, prováděná po řadu let nebo desetiletí (srážky, výpar, vodní stavy, průtoky). Při nedostatečném pozorování (nebylo prováděno, data neexistují) se postupuje buď analogií z jevů příbuzných (průtoky na sousedním toku s podobným režimem), nebo zpracováváním přístupných hodnot metodami matematické statistiky. Někdy je však nezbytné použití empirických výrazů, např. pro stanovení maximálních průtoků na malých povodích, kde nejsou pozorování. Tyto výsledky jsou však nejméně spolehlivé, poněvadž hydrologické jevy jsou závislé na řadě přírodních činitelů, jež se vzorci nedají vystihnout.

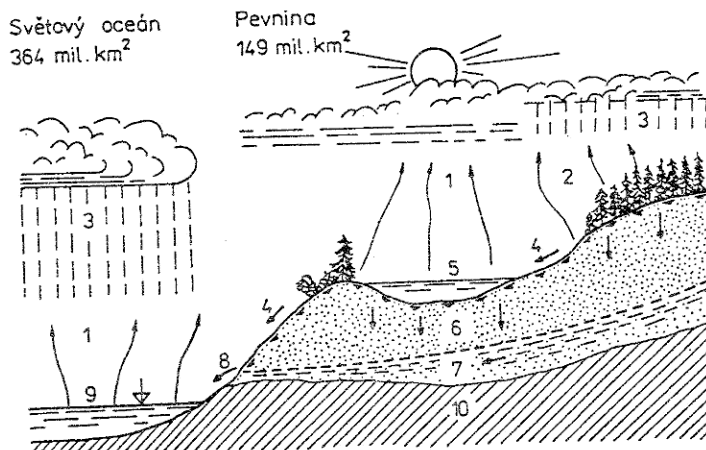
## 2.1.2 Koloběh vody na zemi



Souhrn vody na zemi nazýváme hydrosférou a její objem pokládáme prakticky za stálý. Má pro přírodu základní význam - jednak se účastní převážující většiny procesů fyzikálních, chemických i biologických a jednak je ve všech svých formách činitelem, který závažným způsobem formuje zemský povrch. Výskyt vody na Zemi je na obr. 2.1

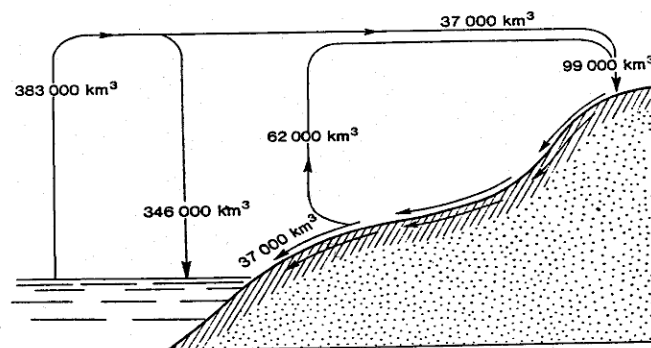
Obr. 2.1 Formy vody na Zemi

- 1-výpar,
- 2-transpirace,
- 3-srážky,
- 4-povrchový odtok
- 5-jezero,
- 6-půdní voda,
- 7- podzemní voda,
- 8-pramen,
- 9-oceán,
- 10-masiv



Působením sluneční energie se voda ustavičně vypařuje (hlavním zdrojem výparu jsou světová moře), vypařenou vodu přemísťují vzdušné proudy, část par po čase kondenzuje a ve formě srážek padá zpět na mořskou hladinu, nebo až na pevninu. Tam se část vsakuje do půdy a tvoří podzemní vodu a

Obr. 2.2 Koloběh vody v přírodě



ostatní stéká po povrchu (povrchová voda) a tvoří vodní toky a jimi se vrací z velké části zpět k oceánu a přitom se voda neustále vypařuje. Koloběh vody v přírodě je na obrázku 2.2

Vzniká tak malý oběh vody v případě deště nad oceánem, nebo velký oběh vody, kdy vypařená voda z oceánu dopadá formou deště na pevninu. Celkovou bilanci oběhu vody mezi pevninou a oceánem lze zjednodušeně vyjádřit rovnicí:

$$V = S + O \quad (2.1)$$

kde  $V$  je množství vody, které se vypaří z oceánů,  $S$  je množství srážek, které nad nimi spadly a  $O$  je množství vody, které přivedou vodní toky z pevniny.

2.1 Jaké oběhy vody v přírodě rozeznáváme?



### 2.1.3 Vodní bilance v povodí

Povodí je území, ze kterého všechna voda stéká k určitému místu na toku – *uzávěrný profil povodí*. Jde přitom o odtok povrchový i podzemní. Plocha povodí je ohraničena rozvodnicí. Pro každé uzavřené povodí a pro libovolné období lze stanovit celkovou bilanci. Vychází se zde z množství vody, která na povodí spadne formou srážek a z níž část odtéká po povrchu, část se vypaří, část se vsákne a obohatí vodu půdní či podzemní a s tou se opět vrací do toku nebo odtéká do sousedního povodí. Potom platí:



$$S = O + V + R + U \quad (2.2)$$

kde  $S$  je množství spadlých srážek ve vymezeném povodí,  $O$  je množství vody, která odtéká,  $V$  je množství vody, která se vypaří,  $R$  je změna zásob vody v povodí na začátku a na konci období a  $U$  je výměna vody se sousedním povodím (úbytek nebo přírůstek).

Výskyt hydrologických jevů je ovlivněn ročními obdobími, proto jsou tyto jevy zpracovávány v časovém uspořádání, které je odlišné od kalendářního roku. Toto období se nazývá hydrologickým rokem a představuje uzavřený cyklus srážek i odtoku. U nás bylo za hydrologický rok zvoleno období od 1. listopadu roku předchozího do 31. října běžného roku.

### 2.1.4 Měření a pozorování hydrologických jevů (hydrometrie)

Výpar je proces velmi složitý, závislý na celé řadě činitelů (velikost plochy, její tvar, barva, vegetace, zásoba vody, teplota a vlhkost vzduchu, barometrický tlak, síla větru aj.) a ani měření nevystihuje zcela přesně skutečné hodnoty.



Rozeznáváme výpar z volné hladiny, výpar z půdy a výpar z rostlin čili transpiraci rostlin.

**Výpar z volné hladiny** se zjišťuje nejspíše, představuje úbytek vody. Pro měření výparu se používá Wildova výparoměru ve tvaru listovních vah, u nichž se nalije na misku voda až do základní polohy stupnice, která následně postupně ukazuje úbytek vody v mm. Dalším zařízením k stanovení výparu je rozdílový výparoměr Rónův nebo na vodních hladinách používané plovoucí výparoměry.

Měření **výparu z půdy a transpirace** organismů je úlohou velmi složitou. Pro hydrologii je však nejdůležitější hodnota celkového výparu a toto její

stanovení v určitém povodí umožňuje zjednodušená bilanční rovnice - srážky mínus odtok.

**Srážky** (hydrometeory) se měří v soustavě srážkoměrných stanic ombrometry nebo dokonalejším zařízením zapisujícím průběh srážky tzv. ombrografem. Na těžko přístupných místech, kde se měří celkový úhrn srážek za delší období se používají totalizátory. K měření výšky sněhové pokrývky se používá sněhoměrná lať.

Základní význam v hydrologii má měření **vodních stavů** ve vodních tocích. Množství vody protékající vodním tokem je výsledkem složitého jevu povrchového i podzemního odtoku. Měření se provádí v místech zvláště vybraných a upravených, ve vodočetných stanicích. Ty jsou vybaveny laťovými vodočty a u důležitých stanic se zřizují limnigrafy, zapisující vodní stav.

**Průtok**, objemové množství vody, které protéká příčným profilem za sekundu se měří přímým měřením nádobou pouze u malých potoků nebo u pramenů. Nejčastěji se průtok určuje na základě měření rychlosti vody - povrchové nebo střední průřezové a příčného průřezu toku.

$$Q = v \cdot S \quad (2.3)$$

Ve vodočetných stanicích se na tocích pravidelně odčítají vodní stavy. Pro tyto profily se sestavuje **měrná křivka průtoků**, která udává závislost mezi vodními stavy a průtoky -  $Q = f(H)$ .

Zvláště důležité jsou extrémní hodnoty, tj. maximální a minimální stavy a průtoky. U maximálních průtoků (povodní) jsou jejich nejdůležitějšími charakteristikami doba výskytu, trvání a množství vody, které proteče v povodňové vlně, čili obsah povodně, a především její největší, tedy kulminační průtok. Správné určení maximálního průtoku je rozhodující pro dimenzování vodohospodářských, dopravních i jiných staveb na tocích. Vychází se zde z **maximálních průtoků různé pravděpodobnosti**, z takzvaných velkých vod, které nazýváme N-leté.

Stejně důležité jsou na tocích nízké a minimální průtoky, protože stanovují ekologickou hodnotu toku a omezují využití vody lidskou společností. Nejmenší průtoky vznikají v období, kdy na delší dobu ustává povrchový odtok mimo toky. Malé průtoky definujeme průměrem **ročních minimálních průtoků**. K jejich určení se využívá čára překročení průměrných denních průtoků a hovoříme o tzv. M-denní vody.



2.2 Která data jsou v hydrologii nejpřesnější? Jak se měří průtok v toku?

## 2.2 Ochrana před velkými vodami



Povodní se podle zákona č. 254/2001 sb. o vodách rozumí výrazné zvýšení hladiny vodního toku nebo jiných povrchových vod, při kterém hrozí vylití vody z koryta, nebo voda již zaplavuje území a může způsobit škody; povodní je i stav, kdy voda z určitého území nemůže dočasně přirozeným způsobem

odtékat, nebo odtok vody je nedostatečný; povodeň může být způsobena přírodními jevy nebo umělými vlivy.

Přírodní povodeň je způsobena přírodními jevy, zejména vydatnými dlouhotrvajícími dešti, náhlým a prudkým táním sněhu, vytvořením bariér při chodu ledů, při nichž dochází k výraznému zvýšení vodních stavů a průtoků, při nichž hrozí zaplavení území. Zvláštní povodně jsou způsobeny umělými jevy a vznikají při poruše, resp. chybné manipulaci s vodními díly.

## 2.2.1 Opatření k ochraně před povodněmi

Podle zákona č. 254/2001 sb. o vodách ve znění zákona 20/2004 sb. se opatření na ochranu před povodněmi dělí do tří skupin:

a) **Preventivní opatření** jsou: povodňové plány, povodňové prohlídky, příprava předpovědní a hlásné povodňové služby, organizační a technická příprava povodňové ochrany, vytváření hmotných povodňových rezerv, stanovování zátopových území, vyklízení zátopových území, příprava účastníků povodňové ochrany.

b) **Opatření při nebezpečí povodně a v době povodně** jsou: činnost předpovědní povodňové služby, činnost hlásné povodňové služby, varování při nebezpečí povodně způsobené přírodními jevy a umělými vlivy, zřízení činnosti hlídkové služby, řízení ovlivňování odtokových poměrů, povodňové zabezpečovací práce, povodňové záchranné práce, zabezpečení náhradních funkcí a služeb v území zasaženém povodní, evidenční a dokumentační práce.

c) **Opatření po povodni** jsou: obnovení povodní narušených funkcí v zasaženém území, zjišťování a oceňování povodňových škod, odstraňování povodňových škod, zjištění příčin negativně ovlivňujících průběh povodně a řešení jejich nápravy, dokumentační práce a vyhodnocení povodňové situace.



### 2.2.1.1 Povodňové plány

Povodňový plán, podle TNV 75 2931 je souhrn organizačních a technických opatření, potřebných k odvrácení nebo zmírnění škod při povodních na životech, majetku občanů a společnosti a na životním prostředí.



Povodňovým plánem se řeší ochrana konkrétního území obcí, okresů, povodí a ČR. Povodňové plány vypracovávají také správci vodních toků, uživatelé vodních děl, vlastníci nebo uživatelé nemovitostí na vodních tocích nebo v zátopovém území. Povodňový plán stanoví tři stupně povodňové aktivity:

- první stupeň (stav bdělosti) nastává při dosažení určitého vodního stavu, při náhlém tání a dešťových srážkách vyšší intenzity, při mimořádných situacích na vodních dílech vyžadujících vypouštění vody,
- druhý stupeň (stav pohotovosti) vzniká při povodni dosahující určité hodnoty (vodních stavů), při přechodném vzestupu hladiny, kdy dochází k vylití vody z koryta a možnosti vzniku škod, při vzniku ledových bariér a nebez-

pečí vzniku škod, při mimořádných situacích na vodních dílech a vypouštění vody, při němž hrozí vylití vody z koryta a vznik škod,

- třetí stupeň (stav ohrožení) nastává při dosažení určitého vodního stavu, při bezprostředním ohrožení majetku a životů, při kritické situaci na vodním díle, která hrozí havárií, při mimořádném vypouštění vody nebo neřízeném odtoku, při němž se dosáhne výše vodní hladiny odpovídající třetímu stupni.

Podklady pro návrh povodňového plánu tvoří údaje hydrologické a hydraulické, zejména průběh hladiny při povodni, čára zatopených území odpovídající jednotlivým povodním, průtočné kapacity vodních toků, mostních profilů, vodních děl, transformace povodňových vln nádržemi a inundačním územím apod. Do skupiny technických údajů patří mapové podklady, popis zaplavovaného území a objektů, zařízení ovlivňující odtok a jakost vody (např. skládky) aj. Organizační údaje uvádějí související povodňové plány a organizaci povodňových služeb a výpis z plánu varování.

Důležitou součástí povodňového plánu je stanovení stupňů povodňové aktivity a způsob jejího vyhlašování, organizace dopravy, spojení, vazba na nadřízené orgány.

K nezbytným přílohám povodňových plánů patří mapa se zakresleným rozsahem zátopového území, dokumentace ohrožených objektů, měrné křivky průtoků, povodňové plány nižších úrovní, seznam nádrží podílejících se na protipovodňové ochraně a evakuační plán.

**Stanovení záplavových území.** Záplavové území je vymezeno záplavovou čarou, odpovídající kulminační hladině návrhové povodně. Stanovuje se hydraulickým výpočtem, matematickým modelováním, využitím dokumentace o nejvyšší známé povodni, rozšíření fluvizemí (nivních půd) a pouze výjimečně odborným odhadem. U zahrazovaného území se uváží vliv zaplavení dešťovými, průsakovými a odpadními vodami. Při stanovení záplavových území se vychází z mapových podkladů s potřebným výškopisem, hydrologických údajů, zejména ze stanovení N-letých průtoků podle ČSN 75 1400, kulminačních průtoků při průchodu povodní. Jako návrhovou povodeň podle TNV 75 2932 „Návrhování záplavových území“ se většinou uvažuje povodeň se 100-letým kulminačním průtokem podle údajů ČHMÚ; může jí být i větší známá povodeň, pokud rozdíl jejího kulminačního průtoku je v rozmezí směrodatné chyby podle ČSN 75 1400.

Hydraulický výpočet zaplavovaného území se u malých povodí do 50ti km<sup>2</sup> stanoví za předpokladu jednodimenzionálního ustáleného nerovnoměrného proudění. U rozsáhlejších celků v členitém území s množstvím překážek využívá se ke stanovení záplavové čáry matematický model simulující časový průběh návrhové povodně při neustáleném proudění na celém sledovaném území.

Příslušná dokumentace záplavového území obsahuje průvodní zprávu, mapovou dokumentaci se zakreslenou záplavovou čarou a vyznačením hladiny největší známé povodně, podélné a příčné profily zájmovým územím, údolní profily, řezy objekty v zaplavovaném území.

## 2.2.2 Opatření na ochranu před velkými vodami

Zájmové – chráněné území je ohrožováno dvěmi skupinami vod podle místa jejich vzniku a to:

*Vodami vnitřními* (srážky) – které vznikají přímo na zájmovém území

*Vodami vnějšími* – vodami přitékajícími na zájmové území z jiných ploch.

Opatření na ochranu před velkými vodami se dělí na opatření:

- **biologická**
- **technická**
- **organizační**

Každá skupina těchto opatření má svoje specifika a nemůže samostatně vyřešit tuto problematiku. Výsledný návrh pak tvoří komplex všech těchto opatření.



### 2.2.2.1 Biologická opatření

Biologická opatření na ochranu před velkými vodami spočívají především ve zvýšení retenční schopnosti krajiny, úpravě a využití retenční a odvodňovací schopnosti údolní nivy podél vodních toků, odstranění překážek, zejména staveb v inundačním území. Jedná se tedy o komplex opatření, které je možné rozdělit takto:



- zvýšení retenční schopnosti krajiny se docílí především zlepšením hydrope-dologických vlastností půd, především zvýšením jejich vodní kapacity, obsahu humusu, vsakovacích vlastností půd, vytvářením potřebného retenčního prostoru půd; toho se docílí především změnou hospodaření na těchto půdách, zatravňováním a zalesňováním,
- změna v osevních postupech s přednostním zařazováním plodin zlepšujících půdní strukturu, využíváním lehkých mechanizačních prostředků, odvodněním apod.,
- využívání všech dostupných protierozních opatření, kterými jsou záchytné a vsakovací průlehy; podrobnosti jsou uvedené v kapitole 2.3
- vhodná agrotechnická opatření, kterými se zvyšuje retenční schopnost mikroreliefu, vytvářejí se umělé prohlubně (velmi mělké deprese), kterými se postupně převádí především voda z dešťových srážek do podzemních vod a výtopová pole, určená zejména k závlaze luk a lužních lesů,
- pečlivý návrh komplexních pozemkových úprav zaměřených na maximální poutání vody v povodí a její využívání; podrobnosti jsou uvedené v kapitole 2.4.4,
- změně hospodaření v lesích, především ve změně druhové skladby, využívám mimoprodukční funkce lesa jako regulátoru odtoku, minimalizaci holosečí, šetrném využívání mechanizačních prostředků,
- v plném a řízeném využívání retenční schopnosti rašelinišť a mokřadů, jejich ochraně před zanášením a devastací. Ve vhodných lokalitách se přistoupí k jejich obnově,

- ve využívání inundací kolem vodních toků, jejich zatravnění a využívání k řízené retenci a neškodnému odtoku velkých vod,
- revitalizaci vodních toků, které revitalizaci potřebují a jejich přizpůsobení k neškodnému odvedení velkých vod.

Řada dalších podrobností, týkajících se zvýšení retenční schopnosti půd a biologických opatření jsou uvedena v kapitolách 2.2,2.3,2.4.

*Význam biologických opatření pro snížení maximálního průtoku povodně a snížení jejího objemu exponenciálně klesá s n-letostí povodně. Pro  $Q_{100}$  již dosahuje pouze 5 až 10%.*

### 2.2.2.2 Vodohospodářsko-technická opatření



Do skupiny hlavních vodohospodářsko-technických opatření na ochranu před nepříznivým účinkem velkých vod patří především zodpovědně řešená úprava vodního toku a jeho údržba (Modul 03 Vodní stavby), ze speciálních vodohospodářských opatření jedná se především o záchytné a odlehčovací kanály, ochranné hráze a ochranné nádrže.

**Kanály** liniové vodohospodářské stavby pro převedení stanoveného množství vody. Navrhují se převážně s gravitačním vyústěním do recipientu, vyjimečně s přečerpáváním. Hydraulický výpočet – dimenzování podle Modulu 01 Hydraulika a 03 Vodní stavby.

**Záchytné kanály** jsou určeny k zachycení přítoku vnějších (cizích) vod na zájmovou - chráněnou plochu z výše položeného území. Navrhují se buď po obvodu chráněného území nebo v polohách vyšších nad vlastní zájmovou plochou. Záchytné kanály odvádějí vodu gravitačně; přečerpávání se použije jen ve zcela nezbytných případech.

**Protierozní záchytné příkopy** se používají k zachycení menších množství vody přítékajících po svahu. Jejich úkolem je zadržení povrchového odtoku a jeho převedení do vsaku, nevsáklé vody pak odvádějí řízeným odtokem – viz kap. 2.3.

**Odlehčovací kanály** snižují průtok vodním tokem odvedením části průtoku mimo chráněné území. Odlehčovací kanál začíná dělícím objektem (např. jezem) na vodním toku a trasuje se co nejkratším směrem do jiného recipientu dostatečné kapacity. Při absolutní ochraně dimenzujeme odlehčovací kanál na průtok:

$$Q_o = Q_{\max} - Q_t \quad (2.4)$$

kde  $Q_{\max}$  je největší povodňový odtok nad chráněným územím,  $Q_t$  je množství vody, které je schopen beze škody provést vodní tok chráněným územím.

*Příkladem je Nová řeka odvádějící vody Lužnice do Nežárky*



**Obvodový kanál** je obdobou odlehčovacího kanálu, liší se tím, že pod chráněným územím ústí zpět do původního toku.

*Příkladem je kanál v Břeclavi na Dyji – ochrana Břeclavi, nebo kanál v Rajhradě na Svatce – ochrana zemědělské půdy.*

**Ochranné hráze** mají zamezit vniknutí povrchových vod na chráněné zájmové území. U nás se nejčastěji používají tzv. břehové hráze k soustředění velkých vod do koryta řeky. Vhodnější řešení, které však je náročnější na prostor jsou „vzdálené“ hráze. Mezihrází u této ochrany má omezené ekonomické využití. Ohrázováním dochází ke zvýšení výšky povodňové vlny a zrychlení jejího pohybu. Tento negativní jev se nejvíce projevuje právě při použití břehových hrází. Aktuální je použití obvodových hrází k ochraně objektů a zařízení před vniknutím povrchových vod při povodních. V zahraničí se ve velkém měřítku používají ochranné hráze kolem moří a jezer k ochraně pobřeží před vlnobitím, přílivem, přívaly vod způsobenými větrnými smrštěmi, zemětřesením apod. Ochranné hráze se také používají na ochranu před záplavami a zamokřením u vodních nádrží v plochem území. Na vzdušné straně ochranných hrází se někdy (podle velikosti průsaku podloží) navrhuje odvodňovací příkop k zachycení prosáklé vody. Stavebně technické řešení ochranných hrází spočívá v návrhu příčného profilu, druhu těsnění, způsobu opevnění a založení, resp. zavázání ochranné hráze do terénu. Některé způsoby uspořádání ochranných hrází jsou uvedené v Modulu 03 Vodní stavby

Ochranný účinek hrází se navrhuje podle požadovaného stupně ochrany zájmového území. Hráze navržené na  $Q$  menší než  $Q_{100}$  se též nazývají hráze přelévané nebo letní. Ochranné hráze se budují z místních zemních materiálů, stabilita hráze se posuzuje běžnými metodami mechaniky zemin. Stupeň bezpečnosti u soudržných zemin musí být minimálně  $m = 1.5$ , u nesoudržných zemin a vzdušného svahu  $m = 1.3$ , u návodního svahu  $m = 1.05$ . Sklony svahů hrází nesmí být strmější než 1:2, u hrází ze štěrkopísků a štěrku se navrhuje návodní svah 1:2.5, vzdušný 1:2. Převýšení hrází pro úplnou ochranu  $Q_{100}$  a vyšší se navrhuje 0.4 až 1.0 nad maximální hladinou. Šířka koruny hráze se volí minimálně 2.0 m u hrází vysokých do 2 m a min. 3.0 m u hrází výšky nad 2 m. Používají-li se ochranné hráze k dopravě, přizpůsobí se šířka hráze šířce komunikace. Ochranné hráze se opevňují drnem. Řadu dalších podrobností o konstrukci zemních hrází uvádí MACURA (1966).

K nejdůležitější objektům zemních hrází patří hrázové výpustě, umožňující při  $Q_{stf}$  volný gravitační odtok vody z chráněného území. Při vyšších vodních stavech se hrázové výpustě uzavírají a tím se zabrání zpětnému vniknutí vody na chráněné území. Hrázové výpustě se navrhují s uzavřeným průtočným profilem (trubní) a s otevřeným, obvykle obdélníkovým průtočným profilem. U hrázových výpustí se používají šoupátkové, stavidlové, segmentové aj. uzávěry; umísťují se na návodní stranu výpustě, velmi často se zdvojují, nebo se alespoň doplňují provizorním hrazením.

Ochranné hráze se budují nejen kolem chráněných objektů, vodních toků, ale i kolem moří, jezer apod. S pomocí ochranných hrází získává Nizozemí z moře značné rozlohy souše, která se nacházejí pod úrovní hladiny moře.

**Ochranné nádrže.** Hlavní funkcí ochranných (retenčních) nádrží je zajištění ochrany níže ležícího území, resp. objektů před účinky zaplavením nebo před zamokřením. V ochranné nádrži se zachytí část nebo celý povodňový průtok včetně splavenin, který by způsobil škody pod nádrží. K tomuto účelu se používá ovladatelný i neovladatelný ochranný (retenční) prostor nádrže. Pro návrh je nezbytná znalost hydrologických poměrů, zejména průběh maximál-

ních povodňových průtoků, parametry povodňových vln, pravděpodobnost rozložení a výskytu povodní a velikost neškodného odtoku z nádrže  $Q_0$ , který se stanoví jako minimum rozdílu neškodného průtoku ve voním toku a přírůstku průtoku z mezipovodí.

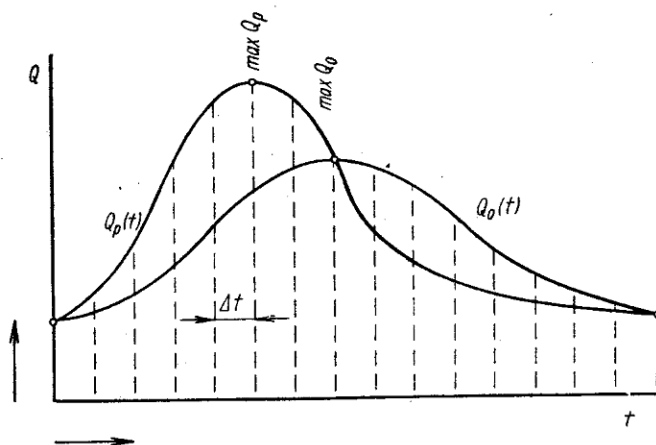
Vodohospodářské řešení spočívá ve stanovení velikosti ochranného prostoru nádrže ve vztahu k požadovanému snížení povodňových průtoků (ochraně území a objektů podél toku pod nádrží), morfologickým podmínkám lokality a určení způsobu manipulace s vypustnými a přelivnými objekty.

Potřebný ochranný prostor se stanoví jako:

$$\Delta V_r = Q_p \Delta t - Q_0 \Delta t \quad (2.5)$$

kde  $V_r = f(h)$ ,  $Q_0$ -neškodný odtok z nádrže,  $Q_p$ -přítok do nádrže a  $h$  je hloubka nádrže

Při průchodu povodňové vlny dochází k její transformaci. Zjednodušený průběh transformace povodňové vlny znázorňuje obr.2.3



Obr.2.3 Grafické znázornění průběhu transformace povodňové vlny

Průběh transformace povodňové vlny se stanovuje počtově nebo graficky. Jednoduchou metodu grafického stanovení podle Klemeše uvádějí STARÝ (1990), ŠÁLEK (1982) aj. Požadovaný stupeň ochrany se určí z ekonomického hodnocení celkových nákladů na ochrannou nádrž a povodňových škod. Využívají-li se na povodí další ochranné nádrže, je třeba do řešení zahrnout vliv ostatních nádrží na transformaci povodňové vlny.

Podrobné metody výpočtu transformace povodňové vlny, bezpečnosti a účinnosti ochrany před povodněmi, vlivu na životní prostředí aj. uvádějí STARÝ (1990), VOTRUBA a PATERA (1986), pro malé vodní nádrže rybničního typu ŠÁLEK (1996) aj.

Z hlediska provozního se dělí ochranné nádrže do tří skupin:

- suché ochranné nádrže určené k zachycení povodňových odtoků, jejich krátkodobé akumulaci a postupnému vypouštění při snížených vodních stavech,
- ochranné nádrže s přesně vymezeným velkým ochranným prostorem určeným k zachycení povodňových průtoků, resp. ke snížení kulminace povodňových průtoků a malým zásobním prostorem,

- běžné nádrže přehradního a rybničního typu s vymezeným regulovatelně a neregulovatelně vyprazdňovaným ochranným prostorem (zálohový prostor) a neovladatelným retenčním prostorem, kde ochranná funkce není dominantní.

Ochranné nádrže se navrhují buď průtočné nebo neprůtočné. Objekty ochranných nádrží se poněkud liší od objektů používaných na běžných víceúčelových nádržích. K hlavním objektům patří hráze nádrže, regulovatelné a neregulovatelné výpustě, bezpečnostní přelivy (v případě, že se nádrží nezachytí celkový objem povodňové vlny) a provozní objekty u víceúčelových nádrží. Ochranné vodní nádrže také plní řadu vedlejších funkcí, zejména zlepšují fyzikální a chemické vlastnosti vody, vyrovnávají průtoky a jakost vody, převádějí infiltraci vodu do podzemních vod apod.

Hráze ochranných nádrží se navrhují převážně zemní, jejich návrh musí odpovídat kritériím odpovídajícím návrhům malých vodních nádrží a přehrad. Návrh hráze a jejího opevnění musí respektovat náhlý vzestup a pokles výšky hladiny, ale i krátkodobé zatopení.

Jako výpustná zařízení slouží stavidlové, šoupátkové, segmentové a tabulové uzávěry, umístěné před nebo za trubní otevřenou výpustí, nověji se používají automaticky regulovatelné uzávěry. U malých ochranných nádrží se navrhují výpustná zařízení bez pohyblivých konstrukcí, nevyžadující obsluhu. Pro nádrže s kombinovaným využitím se navrhují u nás často sdružené objekty. Bližší podrobnosti ke hrázím a výpustím uvádí kap. 2.2 a Modul 01 Vodní stavby.

**Organizační opatření** úzce souvisejí s komplexem biologických a technických opatření, spočívají především v zodpovědném přístupu k protipovodňové ochraně:

- v pečlivém zhodnocení povodňové situace a protipovodňových opatření, ve zpracování komplexu opatření na ochranu před negativním účinkem velkých vod,
- v kvalitním a podrobném zpracování plánu protipovodňových opatření a jeho důsledné realizaci na všech úrovních řízení,
- v informovanosti obyvatelstva o povodňové situaci a základních způsobech řešení ochrany před velkými vodami,
- vyloučení výstavby v inundačních územích vodních toků a v postupném odstraňování stávajících staveb, které znesnadňují odtok vody,
- v pečlivé údržbě všech vodohospodářských zařízení, zejména těch, které ovlivňují odtok vody resp. jejich neškodnou retenci,
- v podrobném zpracování manipulačních a provozních řádů, zejména přehradních nádrží, se zaměřením na protipovodňovou ochranu, spočívající ve vytváření potřebných ochranných (retenčních) prostor a jejich využívání.



2.3 Čím se řídí ochrana proti povodním? Jaká jsou opatření před velkými vodami? Vyjmenuj typy kanálů.

Literatura

- [1] MACURA, L. Úpravy tokov. Bratislava: SVTL, 1966, 739 s.
- [2] MATĚJÍČEK, P. Povodeň v povodí Moravy 1997, Brno: Povodí Moravy, 1998, 108 s.
- [3] Krajina a povodeň. Veronica 1998, 12.zvláštní číslo, 48 s.
- [4] KRÁLOVÁ, H.-FLOROVÁ, K. Když nastanou deště. Veronica, 1999, 24s.
- [5] STARÝ, M. Nádrže a vodohospodářské soustavy. Brno: FAST VUT, 1990, 165 s.
- [6] STARÝ, M. Nádrže a vodohospodářské soustavy-metodické pokyny. Brno: ES VUT 1990, 73 s.
- [7] ŠÁLEK, J. Malé vodní nádrže v životním prostředí. Ostrava: Phare, 1996, 141 s.
- [8] VOTRUBA, L. Vztahy mezi vodním hospodářstvím a přírodou v České republice. Praha: ČMTS, 1999, 112 s.
- [9] VOTRUBA, L.-PATERA, A. Nádrže a vodohospodářské soustavy. Praha: ČVUT, 1986, 196 s.

## 2.3 Rybníky a účelové nádrže



Rybníky a ostatní malé vodní nádrže jsou neoddelitelnou součástí naší krajiny a významně napomáhají k ochraně a tvorbě životního prostředí. Malé nádrže plní v krajině celou řadu funkcí - zásobní, ochrannou, vyrovnávací, akumulaci, asanační, záchytnou, vsakovací a čistící. Mimo tyto „materiální“ přínosy je velmi důležitý i jejich význam estetický, rekreační a hygienický.

Malé nádrže významně přispívají ke zlepšení kvality vody v povodí, ochraně před velkými vodami a mají mimořádný význam jako základní zdroj vody v oblastech s malými vodními toky a řídkou hydrografickou sítí. Malé vodní nádrže významně přispívají k dosažení souladu mezi kapacitou vodních zdrojů, kvalitou vody a nároky všech uživatelů v rámci daného prostoru a času. Uspořádání a vybavení malých vodních nádrží je značně rozdílné, tomu odpovídá i vybavení příslušnými objekty.

### 2.3.1 Vodohospodářské řešení malých vodních nádrží

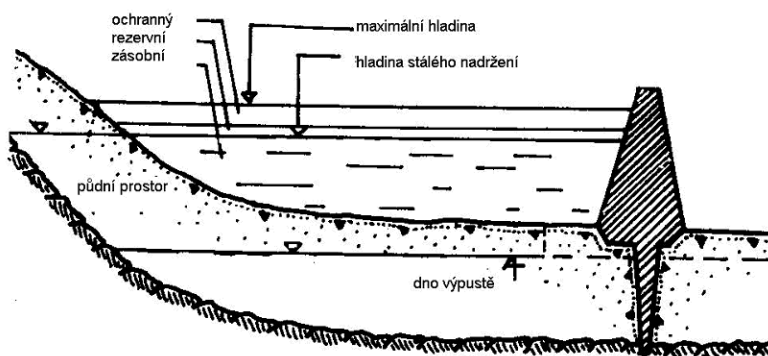


Vodohospodářské řešení nádrže se řídí podle ČSN 73 6815. Řešení jsou početní nebo grafická a představují bilanci hospodaření s vodou, která spočívá v nalezení optimálního vztahu mezi jednotlivými prostory (objemy) nádrže přítokem a odtokem z ní. Součástí řešení je dále navržení stavebních objektů a zařízení, které tuto bilanci umožní realizovat. Prostory jsou navrženy tak, aby mohly plnit požadované funkce pro které je nádrž budována. Důležitým vyhodnocením je vliv nádrže na vodní tok pod nádrží. Obr. 2.2 ukazuje uspořádání jednotlivých prostor malé vodní nádrže rybníčního charakteru.

**Zásobní prostor** ( $V_z$ ) se nachází mezi hladinou stálého prostoru nadržení ( $V_s$ ) a přelivnou hranou bezpečnostního přelivu, je ovládán výpustným a odběrným zařízením a plní řadu důležitých funkcí.

**Ochranný (retenční) prostor** ( $V_r$ ) se nachází mezi přelivnou hranou bezpečnostního přelivu a maximální hladinou dosaženou při průchodu stoleté povodňové vlny. **Půdní prostor** ( $V_p$ ) odpovídá hloubce odvodňované vrstvy půdy ve dně nádrže. *Tento prostor je charakteristický pro rybniční nádrže*

Prostory nádrže



Obr.2.4 Rozdělení prostor nádrže rybničního typu

**Zálohový-rezervní prostor** ( $V_{zál}$ ) je umístěn mezi přelivnou hranou bezpečnostního přelivu a hladinou zásobního prostoru. Je určený především pro využívání vody z malé vodní nádrže.

### 2.3.2 Objekty na rybnících a účelových nádržích

Malé vodní nádrže stejně jako velké tvoří vodní těleso a soubor funkčních objektů:



- zemní hráze - homogenní a heterogenní,
- výpusti – objekty určené k vypouštění vody z malých vodních nádrží,
- odběrná zařízení umožňující neregulovatelný a regulovatelný odběr vody z nádrže,
- bezpečnostní přelivy používané k neškodnému převádění velkých vod,
- zvláštní objekty plnící zvláštní, přesně specifikované funkce, zejména u účelových nádrží.

**Zemní hráz** je základním stavebním prvkem malé vodní nádrže; dělí se na čelní, boční a dělicí. Podle půdorysného uspořádání se rozeznávají hráze přímé, lomené a zaoblené. Hráze se navrhují z materiálů zemních, soudržných a nesoudržných. Inženýrsko-geologický průzkum zajišťuje i nalezení a průzkum zemníků. U zemin se zjišťují fyzikální vlastnosti (hmotnost, vlhkost, mez konzistence, číslo plasticity, pórovitost, zrnitost, ulehlost aj.), mechanické vlastnosti (smyková pevnost, stlačitelnost, koheze, propustnost aj.). Stručný popis a použitelnost zemin na stavbu hráze podle ČSN 75 2410 je uveden ve zkrácené formě v tab.2.1. Vybrané orientační údaje půdně-mechanických vlastností zemin používaných na stavbu malých hrází uvádí ČSN 75 2410, ŠÁLEK-KUJAL-DOLEŽAL (1989), ŠÁLEK (2001) aj. Výsledky průzkumu půdně

mechanických vlastností zemín umožní stanovit vhodnost zemín pro jednotlivé účely, resp. části zemních hrází. Volbu nevhodnějších materiálů pro výstavbu hráze usnadní ČSN 75 2410.

Tab.2.1 Vhodnost zemín pro různé zóny hutnění hrází podle ČSN 75 2410

Znak skupiny	Homogenní hráz	Těsnící část	Stabilizační část
GW (štěrk dobře zrněný)	nevhodná	nevhodná	výborná
GP (štěrk špatně zrněný)	nevhodná	nevhodná	výborná
G-F(štěrk s přím. jemnozrnné zeminy)	málo vhodná	nevhodná	velmi vhodná
GM (štěrk hlinitý)	výborná	velmi vhodná	málo vhodná
GC (štěrk jílovitý)	výborná	velmi vhodná	málo vhodná
SW (písek dobře zrněný)	nevhodná	nevhodná	vhodná
SP (písek špatně zrněný)	nevhodná	nevhodná	vhodná
S-F(písek s přím. jemnozrnné zeminy)	nevhodná	nevhodná	vhodná
SM (písek hlinitý)	vhodná	vhodná	málo vhodná
SC (písek jílovitý)	velmi vhodná	výborná	nevhodná
MG (hlína štěrkovitá)	velmi vhodná	velmi vhodná	nevhodná
CG (jíl štěrkovitý)	velmi vhodná	výborná	nevhodná
MS (hlína písčítá)	vhodná	vhodná	nevhodná
CS (jíl písčítý)	velmi vhodná	velmi vhodná	nevhodná
ML,MI (hlína s nízkou a střední plasti-	málo vhodná	vhodná	nevhodná
CL,CI (jíl s nízkou a střední plasticitou)	vhodná	velmi vhodná	nevhodná
MH,ME (hlína s vysokou plasticitou)	málo vhodná	málo vhodná	nevhodná
CH,CE (jíl s vysokou a plasticitou )	málo vhodná	málo vhodná	nevhodná

Zeminy pro těsnící část hráze, těsnící zářez a koberec, navrhuje se z materiálů GM, GC, SC, MG, CG, CS, obsah organických látek musí být menší než 5% hmotnosti, mez tekutosti menší než 50%, velikost ojedinelých zrn nepřesáhne 100 mm, číslo plasticity u zemín skupiny ML a CL je větší než 8%. Zeminy a jiné materiály pro stabilizační část hráze mají být po zhutnění propustné, odolné proti objemovým změnám a prosakující vodě. Nesmí obsahovat organické a rozpustné látky a agresivně působit na konstrukce. Používají se zeminy GW, GP, GF. Materiál v tělese hráze musí být zhutněn na 95% maximální objemové hmotnosti sušiny podle Proctorovy zkoušky, u sypkých zemín na 0.7 relativní hutnosti.

Výška hráze malé vodní nádrže závisí hlavně na použitém zemním materiálu, jeho půdně mechanických vlastnostech, podloží hráze, účelu hráze a objektech v hrázi. Celková výška hráze se vypočte ze vztahu:

$$Z = h_H + h_z + h_R + h_B \quad (2.6)$$

kde  $h_H$  je hloubka odstraněné zeminy k základové spáře,  $h_z$  -hloubka zásobního (užitkového prostoru nádrže),  $h_R$  -hloubka ochranného (retenčního) prostoru,  $h_B$  -výška bezpečnostního převýšení.

Některé hodnoty  $h_B$  jsou uvedeny podle ČSN 75 2410 v tab.2.2, při délce volné hladiny nad 3 km je třeba hodnotu  $h_B$  ověřit počteně s ČSN 73 6500 „Výpočet účinku vln“. Rybníční hráz je v příčném profilu lichoběžníková. Podle způsobu uložení zeminy v hrázovém profilu dělí se hráze na stejnorodé (homogenní) a nesterjnorodé (nehomogenní). ČSN 75 2410 doporučuje však používat homogenní hráze do výšky 6 m. Hráz nesterjnorodá je složena ze

dvou, nebo více druhů zemin, které se ukládají do tělesa hráze odděleně podle svých vlastností. Těsnění hrází se navrhuje nejčastěji z nepropustné zeminy; podle jeho umístění v hrázi rozeznávají se hráze s těsněním vnitřním (jádre) a těsněním návodním. Leží-li nepropustná vrstva příliš hluboko, sníží se průsak vody pod hrází návodním kobercem.

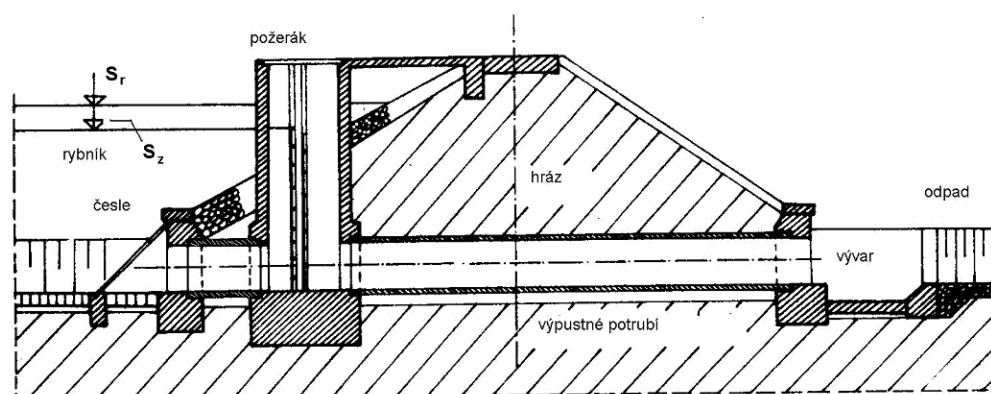
Tab. 2.2 Převýšení koruny hráze nad nejvyšší hladinou podle ČSN 75 2410

Druh opevnění	Efektivní délka rozběhu vlny v metrech	Výška výběhu vlny pro návrhovou rychlost $72 \text{ km.h}^{-1}$ a sklon náv. líce	
		1 : 3	1 : 2
<b>Drsné</b> (rovnání, pohoz, vegetační pokryv)	100	0.33	0.42
	200	0.43	0.54
	300	0.50	0,64
<b>Hladké</b> (beton, asfaltobeton, dlažba)	100	0.42	0.53
	200	0.54	0.67
	300	0.62	0.80

Šíře koruny hrází výšky nad 5 m bez komunikace se navrhuje minimálně 3 m, je-li po hrázi vedena komunikace, odpovídá koruna hráze šířce komunikace. Její zpevnění závisí na zatížení dopravními prostředky.

Sklon svahů hráze vyplývá z požadavků na stabilitu hráze a předepsaného stupně bezpečnosti. Orientační hodnoty sklonu svahů hráze jsou uvedené podle ČSN 75 2410. Stabilita svahů hráze se posuzuje metodou Pettersenovou. Stupně bezpečnosti pro normální a mimořádný zatěžovací stav uvádí ŠÁLEK (2001) aj.

**Výpustné objekty** jsou určené k řízenému vypouštění vody z malých vodních nádrží. Minimální průměr spodní výpustě nesmí být menší než 400 mm. Každá výpust musí mít jeden provozní uzávěr, ovladatelný za všech okolností a u důležitých nádrží doporučuje se další alespoň provizorní uzávěr. Před vtokem do výpustě se umísťují česle o rozteči 60, 90 a 120 mm, u rybochovných nádrží do 30 mm. Výpusti se situují do nejnižšího místa nádrže. Z hlediska konstrukčního se dělí na otevřené (žlabové) a uzavřené (trubní). Trubní výpusti se dělí podle druhu uzávěru na šoupátkové, stavidlové, segmentové, speciální a požerákové. Nejrozšířenějším typem výpustě na malých vodních nádržích je **požerákový uzávěr** umístěný v šachtě.



Obr. 2.5 Schéma uspořádání rybníční výpustě s uzavřeným požerákem

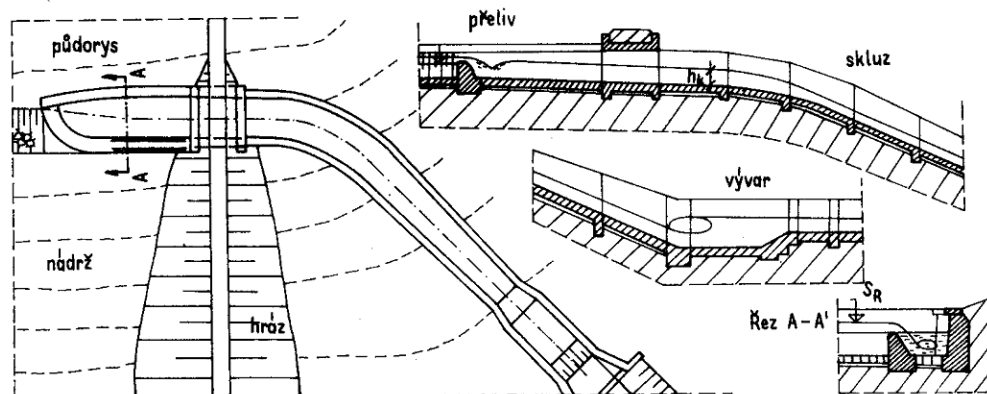
Navrhuje se s jednoduchou nebo dvojitou dlužovou stěnou, otevřený nebo uzavřený, příp. dnovým uzávěrem pod krátkou dlužovou stěnou - obr.2.5. Výpustné potrubí se navrhuje ocelové, železobetonové, obetonované.

**Odběrná zařízení** jsou určena k odběru vody pro různé účely, např. pro závlahu, průmysl aj. Odběry vody se dělí na gravitační a čerpáním, s konstantním nebo proměnným odběrným množstvím vody, regulovatelné a neregulovatelné. Pro možnost regulace kvality vody jsou u hlubších nádrží navrhovány etážové odběry. Toto uspořádání umožňuje odběr vody z požadované hloubky - odběrné množství se reguluje regulačním šoupátkem. Odběrné potrubí je ocelové; před vtok do odběru se umísťují česle a provizorní hrazení.

**Bezpečnostní přelivy** jsou určeny k neškodnému odvedení povodňových průtoků; budují se nehrazené. Kapacita bezpečnostního přelivu se navrhuje na  $Q_{100}$ . U malých vodních nádrží se většinou nepočítá se s retenčním účinkem nádrže (mimo retenčních nádrží). Bezpečnostní přelivy se dělí podle situování na hrázové a břehové, podle směru proudění vody pod přelivnou hranou na čelní a boční, podle půdorysného uspořádání přelivné hrany na přímé a zakřivené a podle konstrukčního uspořádání na korunové, břehové, šachtové, kašnové, žlabové, násoskové, doplňkové.

**Korunové** (hrázové) přelivy mají přelivnou hranu rovnoběžnou s osou hráze; vyskytují se zejména na starších zemních hrázích. Korunový přeliv vytvořený opevněním koruny a vzdušného líce hráze se navrhuje pouze u nízkých hrází. Konstrukce přelivu je tuhá a nemůže sledovat deformace zemního tělesa.

**Břehové** (boční) přelivy jsou umístěny v břehové části nádrže. Přeliv se spadištěm má tvar žlabu, který navazuje na skluz a vývar. Osa spadiště, skluzu i vývaru má být v přímé. Přeliv je buď jednostranný nebo i oboustranný. Důležité je kvalitní provedení skluzu a vývaru. Vzdušný svah přelivu se navrhuje ve sklonu 5:1. Břehový přeliv se umísťuje do rostlého nenarušeného terénu. Spadiště tvoří betonový žlab, který se postupně rozšiřuje; opěrná zeď v místě styku s terénem musí být navržena nejméně na výšku maximální hladiny. Bezprostředně na spadiště navazuje skluz, který je v počátečním úseku přímý a končí vývarem. Příklad břehového odběru na obr. 2.6



Obr. 2.6 Boční přeliv u malé nádrže

**Kašnové** bezpečnostní přelivy se navrhují u nádrží s příznivými základovými poměry v nejhlubší části nádrže – bývalé koryto. Skládají se z vlastní kašny, spadiště, odpadu a vývariště. Kašna má půdorys půlkruhový, půlelip-

tický, kombinovaný, resp. nepravidelný tvar. Koruna přelivu je nejčastěji zaoblená (půlkruhová) nebo bezpodtlaká.

**Šachtový** bezpečnostní přeliv se skládá z vlastní šachty, kterou tvoří nejčastěji železobetonový válcový objekt osazený na základovém bloku. Horní část válcového tělesa se rozšiřuje, koruna přelivu je zaoblená. Válcové těleso přelivu přechází v dolní části kolenem do odpadní štolý většího průměru než je vlastní šachta. Šachtový přeliv se kombinuje se základovou výpustí a věžovým odběrem.

*Více o bezpečnostních přelivech MO\_03 Vodní stavby.*

### 2.3.3 Funkce účelových nádrží

Pro každou nádrž je třeba vždy stanovit její dominantní funkci, která bývá rozhodující pro výstavbu nádrže a řadu vedlejších funkcí. Rozdělení malých vodních nádrží využívaných v krajině je uvedeno v tab.2.3.



Tab. 2.3 Rozdělení malých vodních nádrží podle ČSN 75 24 10

<b>Zásobní nádrže</b>	<b>Ochranné (retenční) nádrže</b>
vodárenské (pro zásobování obcí)	suché retenční (poldry)
průmyslové (pro místní drobný průmysl)	reten. nádrže s malým zásobním prostorem
závlahové a vodojemy	protierozní všech uspořádání
energetické	dešťové různých typů
kompenzační, retardační, zálohové	vsakovací (infiltrační)
<b>Stabilizační nádrže</b>	<b>Rybníky - rybochovné nádrže</b>
chladicí	výtěrové a třecí rybníky
předehřívací pro různé účely	plůdkové výtažníky
usazovací na zachycování splavenin	výtažníky a hlavní rybníky
aerobní biologické k čištění odpadních vod	komorové rybníky a speciální komory
anaerobní biologické k čištění OV	sádky, karanténní nádrže
dočišťovací	speciální rybochovné nádrže, žlaby, síla
<b>Hospodářské nádrže</b>	<b>Speciální účelové nádrže</b>
protipožární	aktivizační
pro chov drůbeže	intervenční
pro pěstování vodních rostlin	recirkulační
napájecí a plavící	vyrovnávací
výtopové zdrže	splavovací (klauzury)
<b>Asanační nádrže</b>	<b>Rekreační nádrže</b>
záchytné	přírodní koupaliště
skladovací a odkaliště	pro vodní sporty
rekultivační	umělé rekreační nádrže
<b>Nádrže krajinotvorné</b>	<b>Nádrže na ochranu bioty apod.</b>
hydromeliorační	vodních a mokřadních rostlin
okrasné (estetické)	vodních a mokřadních živočichů
umělé mokřady	mokřadů a rašelinišť

- *Zásobní funkce* spočívající ve vytváření pohotové zásoby vody v době nedostatku a jejím využíváním v době nedostatku k zásobování obyvatel, zemědělství a drobných průmyslových odvětví. Jedná se o nádrže vodárenské, závlahové a průmyslové.

- *Ochranná funkce*, která spočívá v zachycení, příp. transformaci (snížení kulminace) povodňových průtoků. Tyto funkce plní nádrže ochranné (retenční), suché, dešťové a protierozní.
- *Hospodářská funkce* spojenou s využíváním vody v různých zemědělských odvětvích, ale i v jiných odvětvích hospodářství, ve vytváření vodního prostředí k chovu ryb a vodní drůbeže, pěstování vodních rostlin apod. Do této skupiny patří především klasické rybníky určené k chovu ryb.
- *Ekologická a krajinnotvorná funkce* zaměřená na ovlivňování mikroklíma, řízení hladiny podzemní vody, vytváření příznivých stanovištních podmínek, příznivém ovlivnění biologické funkce krajiny, jejího vzhledu a celkové ekologické rovnováhy. Tyto funkce plní nádrže estetické a okrasné, hydromeliorační, ale i návesní rybníčky a ve vhodné úpravě i protipožární nádrže.
- *Hygienická funkce* počívající v zachycení a postupném zneškodnění znečištění přicházejícího z povodí, vyrovnáním složení vody a jejím dočištění s využitím přírodních biologických způsobů čištění ve vodním prostředí nádrže. K tomuto účelu se využívají nádrže stabilizační (biologické), sedimentační, chladicí. V přírodě plní tuto funkci i většina malých vodních nádrží rybníčního typu.
- *Asanační funkce* zaměřená na přeměnu ploch narušených těžbou surovin, výstavbou i jinak, ve víceúčelové nádrže s rybochovným aj. využitím.
- *Rekreační funkce* využíváním nádrží pro koupání, vodní sporty, léčebným účelům aj.
- *Estetická funkce* soustředěná na využívání estetických vlastností nádrže a rybníků v obytné zástavbě i volné zemědělské krajině.
- *Zachycení a využití dešťových vod* ve vesnické zástavbě. Dešťová voda se využívá jako zdroj vody, tím se snižují nároky na kapacitu kanalizační sítě a zařízení.

Bližší podrobnosti o návrhu, uspořádání a využití malých vodních nádrží rybníčního typu uvádějí ŠÁLEK-MIKA-TRESOVÁ (1989), ŠÁLEK-KUJAL-DOLEŽAL (1989), ŠÁLEK (2001) aj.

### 2.3.4 Čištění odpadních vod v umělých mokřadech a akvakulturách



Speciální malé nádrže umožňují přírodní způsoby čištění a využití znečištěných povrchových a odpadních vod. Jsou při tom využívány neintezifikované přirozené samočisticí procesy probíhající v půdním a vodním prostředí za spoluúčasti rostlin. Do skupiny přírodních způsobů čištění vody patří:

- polopřirodní ovladatelné mokřady a půdní filtry s mokřadní vegetací,
- vegetační kořenové čistírny s makrofyty s horizontálním, vertikálním a radiálním prouděním vody,
- průtočné kanály a mělké nádrže s kořenovými a vzplývavými makrofyty,

- průtočné žlabové bioeliminátory s řasovými nárosty,
- speciální nádrže a kaskády s akvakulturami a bioreaktory.

Přednosti těchto zařízení spočívají v jejich ekologickém charakteru a snadném začlenění do krajiny, v poměrně jednoduchém stavebním provedení, ve srovnatelných až nižších stavebních nákladech v porovnání s biologickou čistišnou, v malých nárocích na speciální vybavení, v minimální potřebě energií, v malých provozních nákladech, v možnostech nárazového přetížení a poměrně dobrém čistícím účinku od počátku provozu. Nedostatkem je poměrně velká plošná potřeba např. u kořenových čistíren na 1 EO je třeba 4 až 6 m<sup>2</sup> plochy vegetační čistišny. Podrobnosti uvádí ŠÁLEK (2001) aj. a závislost čistícího účinku na klimatických podmínkách, zejména teplotě a sluneční radiaci, nižší čistící účinek v zimním období, možnost zakolmatování filtračního prostředí; při nekvalitním provedení a provozování možnost kontaminace podzemních vod a vznik pachových závad, určitý kyslíkový deficit (u kořenových čistíren), poměrně dlouhá doba zdržení, nezbytná k odbourání amoniakálního znečištění.

*2.4 Jaké hráze využívají rybníky? Co je nejčastější výpustný objekt u malých nádrží? Co je to půdní prostor?*



Literatura:

- [10] BILÍK, M. et al. Vybrané otázky o výstavbě a provozu malých vodních nádrží. Brno: ČSSI, 1991. 243 s.
- [11] GERGEL, J.- HUSÁK, Š. Revitalizace vodních nádrží. Metodika č. 22. Praha: VÚMOP, 1997. 56 s.
- [12] ŠÁLEK, J. Návrh a využití biologických nádrží na čištění odpadních vod. Metodika č. 15. Praha: ÚVTIZ, 1994. 44 s.
- [13] ŠÁLEK, J. Přírodní způsoby čištění odpadních vod. Brno: PC-DIR, VUT, 1995. 115 s.
- [14] ŠÁLEK, J.- MIKA, Z.- TRESOVÁ, A. Rybníky a účelové nádrže. Praha: SNTL, 1989. 267 s.
- [15] ŠÁLEK, J.- KUJAL, B.- DOLEŽAL, P. Rybníky a účelové nádrže – návody ke komplexnímu projektu. Praha: SNTL, 1989. 144 s.
- [16] TLAPÁK, V.- ŠÁLEK, J.- LEGÁT, V. Voda v zemědělské krajině. Praha: ZN, 1992. 318 s.
- [17] ŠÁLEK, J. Rybníky a účelové nádrže. Brno: VUTIUM, 2001. 125 s.

## 2.4 Vodní hospodářství krajiny

Vodní hospodářství krajiny je soubor činností směřujících k dosažení ekologicky vyváženého, optimálně řízeného stavu vodní bilance krajiny. Tento stav je navrhován z důvodu využívání krajiny lidskou společností. Návrhu vodohospodářských opatření předchází průzkumové práce spočívající ve stanovení:



- všeobecné současné charakteristiky vodního režimu krajiny,
- požadovaného plošného rozsahu a získání, resp. zhotovení výškopisného a polohopisného plánu,
- hydropedologického, hydrogeologického a geologického průzkumu území, které je předmětem zájmu,
- půdně-mechanického průzkumu materiálů v místech předpokládaných rozsáhlejších staveb, včetně stanovení základových poměrů, vyhledání vhodných staveních materiálů apod.,
- podrobných hydrologických poměrů na celém zájmovém území včetně jejich zpracování,
- průzkumu kulturně přírodního (chráněná území), zjištění ochranných pásem vodních zdrojů apod.,
- základních meteorologických dat a zpracování klimatických poměrů,
- jakosti vod po celém zájmovém území, zejména v místech předpokládaných úprav, odběrů vody, stavby víceúčelových hospodářských nádrží apod.,
- hospodářských a sociálních poměrů celé oblasti,
- fyto- a zoocenologických poměrů, zejména se zaměřením na faunu a flóru, vodní a bažinná společenstva, kulturní rostliny a lesní dřeviny apod.,
- majetkoprávních vztahů ploch dotčených výstavbou opatření na úpravu vodního režimu,
- ostatních zájmů, dotýkajících se předpokládaného zájmového území,
- tras uložení kabelových a trubních vedení apod.

Rozsah jednotlivých průzkumových prací se určí v rozsahu potřebném pro jednotlivá konkrétní opatření. Průzkumové práce se dělí na předběžné, podrobné a doplňkové; jejich rozsah závisí na rozsahu a charakteru stavby. Úkolem průzkumových prací je získání dostatku podkladů umožňujících návrh vodohospodářských staveb.

## 2.4.1 Posouzení příčin sucha a mokra



Příčiny sucha a mokra je možné rozdělit do tří základních skupin:

**Místní příčiny** (lokální), související s místními podmínkami..

**Oblastní příčiny** (zonální, krajinné), vyplývající především z klimatických vlastností větších území.

**Kombinované**, vznikající kombinací některých z výše uvedených příčin oblastních a místních.

Do skupiny **místních** příčin, které ovlivňují vlhkostní režim půd, patří:

- orografické příčiny umožňující rychlý povrchový odtok při malém vsaku vody do půdy, tyto příčiny se projevují na svazích nedostatkem vláhy a zamokření paty svahu,

- hydropedologické příčiny se projevují především neuspořádaným vodním režimem půdy; sucho bývá způsobeno velkou propustností a malým obsahem humusu u lehkých půd a malým obsahem fyziologicky účinné vody u těžkých půd; mokro způsobuje nízká filtrační schopnost těžkých půd a jejich zbahnění,
- hydrogeologické příčiny se projevují při poklesu hladiny podzemní vody suchem, a naopak při zvýšené hladině podzemní vody zamokřením; tento jev může být vyvolán nevhodnými technickými zásahy,
- hydrologické příčiny např. řídká hydrografická síť neumožňující rychlý odtok povrchové vody a způsobuje zamokření
- agrobiologické a hospodářské příčiny spočívají především v nevhodných osevních postupech, které špatně hospodaří s půdní vodou a půdní strukturou, nedostatku humusu, špatné agrotechnice, nevhodné volbě plodin a nízké intenzitě zemědělské výroby.

**Oblastní** příčiny sucha nebo mokra umožní stanovit podrobná analýza stanovištních poměrů, navržená STEHLÍKEM cit.ŠÁLEK (1993). Stanovištní index SI se skládá z klimatického indexu KI, který hodnotí dané stanoviště z hlediska klimatických faktorů, především podle srážkového úhrnu, teploty ovzduší, výparu, vzdušné vlhkosti, expozice terénu apod. Druhou část tvoří korekční přírážky, zahrnující všechny činitele ovlivňující vláhové poměry, hlavně povrchový a podzemní odtok, vztlínání vody z hladiny podzemní vody, hydropedologické vlastnosti, sklon terénu, retenční vodní kapacita, vsakovací schopnost půd aj. Hodnota stanovištního indexu SI se vypočte ze vztahu

$$SI = KI + B + C - D \quad (2.7)$$

kde KI je klimatický index, B - půdní číslo, C - přírážka na půdní vodu, D - srážka na sklonitost terénu.

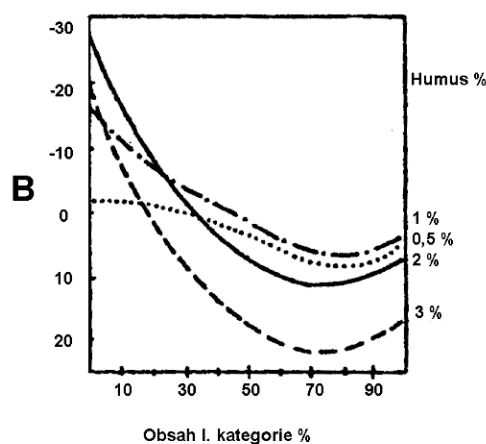
Půdní číslo B odečte se z grafu na obr.2.7. v závislosti na obsahu zrnitostní kategorie I. Obdobně se stanoví přírážka na půdní vodu C z grafu - obr.2.8 v závislosti na hloubce hladiny podzemní vody H.

Srážka na sklonitost terénu D vypočte se ze vztahu  $D = k \cdot i$ , kde k je součinitel závislý na zrnitosti půdy. Hodnoty k zpracované STEHLÍKEM –cit. ŠÁLEK (1993) jsou uvedené v tab. 2.4, i - průměrná sklonitost terénu (-).

Tab.2.4 Hodnoty součinitele K

Půdní druh	I. kat.	K
Písčitá	0 - 10	0.20
Hlinitopísčitá	10 - 20	0.35
Písčitohlinitá	20 - 30	0.50
Hlinitá	30 - 45	0.70
Jílovitohlinitá	45 - 60	0.90
Jílovitá	60 - 75	1.25
Jíl	nad 75	1.50

Obr. 2.7 Půdní číslo B

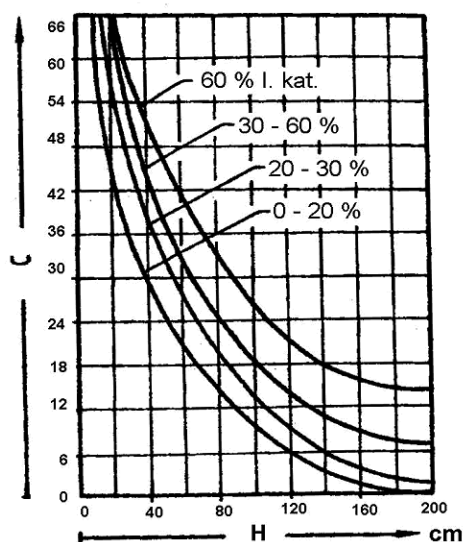


Hodnota klimatického indexu KI závisí na hodnotě potenciální evapotranspirace  $E_p$  v oblasti polních kultur, která se vyjádří vztahem  $E_p = H_s - K - n \cdot S_s$ , kde  $H_s$  je úhrn srážek za sledované období,  $K$  - korekce na vzdušnou vlhkost, tuto je možné vypočítat ze vztahu  $K = 0,0133 n (80 - e_r) \dots$  (mm),  $e_r$  - relativní vlhkost vzduchu ve sledovaném období (%),

$n$  - počet dnů sledovaného (hodnoceného) období,  $S_s$  - specifická dešťová srážka v oblasti polních kultur ( $\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$ ), která se vypočte ze vztahu:

$S_s = 0,0822 \cdot e \cdot T + 0,5753$ , kde  $e$  je expoziční koeficient dosahující hodnoty  $e=1,29$  u jižních svahů a  $e=0,91$  u severních expozičních a svahů o sklonu  $25^\circ$ , podrobné údaje uvádějí LÁTAL a LÁTALOVÁ – cit. TLAPÁK et al. (1992),

$T$  - průměrná teplota sledovaného období ( $^\circ\text{C}$ )



Obr.2.8. Přírážka C na vodu v půdním profilu

v závislosti na úrovni hladiny podzemní vody  $H$  (cm) a obsahu půdních částic I. kategorie

Tab.2.4 Klasifikační stupnice podle stanovištního indexu SI

Stanovištní index	Hodnocení stanoviště	Rozsah nebo potřeba hydromelioračních úprav
pod -42	nejsušší	potřeba závlah je nezbytná
-41 až -28	silně suchá	potřeba závlah je velmi velká
-27 až -14	suchá	potřeba závlah je velká
-13 až 0	mírně suchá	potřeba závlah je značná
1 až 14	vláhově vyrovnaná	potřeba závlah je střední, až mírná, opodstatněné pouze částečné odvodňovací úpravy
15 až 28	mírně vlhká	potřeba pouze částečných odvodňovacích úprav, potřeba závlah je podmíněná
29 až 42	vlhká	plošné odvodňovací úpravy jsou opodstatněné, potřeba závlahy je výjimečná
43 až 56	silně vlhká	úprava vodních poměrů plošnými odvodňovacími zařízeními nutná
57 až 70	nejvlhčí	komplexní úprava vodních poměrů je nezbytná

70 a více	Extrém. vlhká a zamokřená	nutné komplexní vyřešení odvodnění plošnými odvodňovacími úpravami
-----------	---------------------------	--

Je-li hodnota potenciální evapotranspirace  $E_p$  kladná, klimatický index vypočte se z rovnice a); je-li záporná, použije se k výpočtu rovnice b).

$$\text{a) } KI = \frac{365}{n} \frac{E_p}{e.T} \quad \text{b) } KI = \frac{3.65}{n} e.T.E_p \quad (2.8)$$

kde  $n$  je počet dní sledovaného období,  $T$  - průměrná teplota ovzduší za sledované období ( $^{\circ}\text{C}$ ).

## 2.4.2 Úprava vodních poměrů závlahou

Bilance vodního hospodářství v krajině s trvalým nebo dočasným vláhovým deficitem se upravuje závlahou. Úkolem závlah je dodání chybějící vody do půdy, optimalizace vláhového režimu a vytvoření příznivých podmínek pro rozvoj vegetace, ale i krajiny jako celku. Závlahami se vyrovnává výnosová hladina polních plodin a lesních dřevin na danou úroveň odpovídající bioenergetickému potenciálu půdy, který se dobře navrženou a zodpovědně provozovanou závlahou trvale zvyšuje, a tím vytváří nejen stabilitu zemědělské soustavy udržováním vysoké výnosové hladiny, zejména zdrojů uhlíku, ale i celé krajiny. Závlaha je rovněž v krajině významným regulačním činitelem, eliminujícím nedostatky energetického režimu suchých půd. Závlahou se upravují i vláhové poměry zeleně v obytných a průmyslových oblastech. V našich klimatických podmínkách se navrhuje *dooplňková* závlaha, kterou se vyrovnávají vláhové deficity způsobené nerovnoměrným rozdělením dešťových srážek během vegetačního období a místními příčinami. Závlahou v aridních oblastech se může řešit problém výživy místního obyvatelstva.



*Je třeba si uvědomit, že závlahy z hlediska světové potřeby vody jsou největším konzumentem vody.*



Při určení potřeby závlahové vody se obvykle stanoví velikost závlahového množství  $M_z$  a celková potřeba závlahové vody  $O_z$ , její časový průběh, velikosti závlahových dávek a údaje potřebné pro návrh závlahových zařízení, zejména specifický dávkový přítok  $q_d$  a specifický přítok závlahové vody  $q_p$ .

Stanovení potřeby závlahové vody z bilanční rovnice. Závlahové množství  $M_z$  ( $\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ ) se stanoví z bilanční rovnice, která má tvar:

$$M_z = k_z (r_1 V_c - r_2 \alpha S_r - r_3 W_z - W_k) \quad (\text{m}^3.\text{ha}^{-1}) \quad (2.9)$$

kde  $k_z$  je ztrátový součinitel vyjadřující průměrný podíl všech ztrát závlahové vody s výjimkou ztrát v přivaděči, podle ČSN 75 0434 činí u postřiku  $k_z=1,15$  až  $1,25$ , u podmoku  $k_z=1,25$  až  $1,45$ , u přeronu  $1,45$  až  $1,65$  a u výtopy  $k_z=1,65$  až  $2,50$ .  $V_c$  - celková vláhová potřeba zavlažované plodiny za vegetační období ( $\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ ), stanoví se podle ČSN 75 0434 resp. vypočte,  $\alpha$  -součinitel využitelnosti srážek,  $\alpha = 1 - \beta - \varphi$ , kde  $\varphi$  je odtokový součinitel,  $\beta$  je součinitel intercepce. V rovinném terénu, na dobře vsakujících půdách se dosahuje u hlinitých půd má hodnotu  $\alpha = 0,75$ , u jílovitých půd  $\alpha = 0,70$ , u písčitých půd  $\alpha = 0,60$  a u velmi těžkých půd  $\alpha = 0,50$ .  $S_r$  - dlouhodobý průměr srážek za vegetační období plodiny ( $\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$ ),

$W_z$  - zásoba vody v půdě na začátku vegetačního období ( $\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ ),  $W_k$  - využitelné množství vzlínající podzemní vody ( $\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ ),  $r_1$  - redukční součinitel pro úpravu  $V_c$  v závislosti na nadmořské výšce,  $r_2$  - redukční součinitel pro úpravu  $\alpha$  v závislosti na nadmořské výšce,  $r_3$  - redukční součinitel pro úpravu  $W_z$  v závislosti na druhu půdy a sklonu terénu, hodnoty těchto součinitelů uvádí ČSN 75 0434.

Velikost závlahové dávky v souladu s ČSN 75 0434 „Potřeba závlahové vody“ se vypočte ze vztahu

$$M_d = 100 k_1 (P_k - \Theta_m)h \quad (\text{m}^3\text{ha}^{-1}) \quad (2.10)$$

kde  $P_k$  je kapilární pórovitost (% obj.půdy),  $\Theta_m$  - momentální vlhkost půdy (% obj.půdy),  $h$  - hloubka provlažení závislá na druhu půdy a rostlině (m)

Pro stanovení specifického dávkového množství použije se hodnota směrodatné závlahové dávky  $M_{ds}$ ,

$$M_{ds} = 100 (P_k - Z_{v \min}) \cdot h_u \quad (\text{m}^3\text{ha}^{-1}) \quad (2.11)$$

kde  $Z_{v \min} = \Theta_{\text{opt d}}$  je dolní hranice rozpětí optimální vlhkosti v kritickém období zavlažované plodiny (% obj.),  $h_u$  - účinná hloubka zakořenění směrodatné plodiny (m).

Kapacita závlahových zařízení musí umožňovat dodání deficitního množství vody u polních plodin za 5 až 7 dnů a 2 až 3 dny u zeleniny. Specifický dávkový přítok ( $q_d$ ) podle ČSN 75 0434 se vypočte z podmínky, aby přítok závlahové vody hradil evapotranspiraci plochy s plodinou s největšími nároky na vláhu. Pro výpočet se bere měsíc s největší evapotranspirací.

$$q_d = k_1 E_d / 3,6 t \quad (10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}) \quad (2.12)$$

kde  $k_1$  je ztrátový součinitel,  $E_d$  - směrodatná denní evapotranspirace ( $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ),  $t$  - denní doba zavlažování (h). Koncové větve závlahové sítě, které mají jednostranný odběr se dimenzují na specifický dávkový průtok  $q_d = 0,001 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  na 1 ha, u zeleniny na  $q_d = 0,0017 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  na 1 ha. Tyto hodnoty vyplývají z požadavku agrotechniky na dodání 30 až 40 mm závlahové dávky za 5 až 7 dnů u polních plodin a u zeleniny 20 mm dávky za 2 až 3 dny na hon.

Dávkový přítok závlahové vody  $Q_d$  se stanoví ze vztahu:

$$Q_d = q_d \cdot S_h \quad (10^{-3} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}) \quad (2.13)$$

kde  $S_h$  je současně zásobovaná plocha (ha)

Specifický přítok závlahové vody podle ČSN 75 0434 se vypočte z podmínky *současné* potřeby zavlažit plochu  $S_x$  specifickým dávkovým množstvím  $q_d$ . Nelze-li optimalizovat hodnotu zabezpečení dodávky vody a plochy  $S_x$ , stanovíme plochu  $S_x$  jako součet ploch s víceletými pícninami, okopaninami, kukuřicí na zrno a zeleninou. Specifický přítok pro účely přípravné dokumentace se vypočte z rovnice

$$q_p = k_2 q_d S_x / S \quad (10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}) \quad (2.14)$$

kde  $k_2$  je ztrátový součinitel v přírodním potrubí, kanále apod.

Přítok závlahové vody  $Q_p = q_p S$ , kde  $S$  je celková zavlažovaná plocha. Na hodnoty  $q_p$  a  $Q_p$  se navrhuje čerpací stanice a hlavní přírodní zařízení.

#### 2.4.2.1 Zdroje závlahové vody

Hlavními zdroji závlahové vody jsou:

- voda povrchová
- voda podzemní
- voda odpadní



**Povrchové zdroje závlahové vody.** Povrchovým vodním zdrojem pro závlahy je voda ve vodních tocích a umělých nádržích. Vydátost vodního zdroje se posuzuje z průměrných denních, měsíčních, ročních, minimálních a maximálních průtoků. Ve většině případů je třeba budovat vyrovnávací a zásobní vodní nádrže. Zásobní nádrže zabezpečují odběr vody nebo nadlepšení průtoku pod nádrží tím, že v době nadbytku shromažďují vodu pro období nedostatku. Pro krátkodobé vyrovnání nerovnoměrností mezi přítokem a odběrem se navrhují vyrovnávací nádrže s řízením provozu na víceleté, jednoleté, sezónní měsíční, denní. Řešení problematiky řízení odtoku nádrží nebo skupinou nádrží a řízení odtoku v rámci vodohospodářské soustavy je náplní předmětu „Nádrže a vodohospodářské soustavy“. Podrobnosti uvádí STARÝ (1990) aj.

**Zdroje podzemních vod pro závlahu.** Podzemní zdroje vody pro závlahu se využívají v podmínkách ČR v omezeném rozsahu pro místní závlahy; v zahraničí je využívání podzemních vod pro závlahy podstatně větší a v některých oblastech jsou podzemní vody jediným zdrojem závlahové vody. Fyzikální, chemické a biologické vlastnosti podzemních vod umožňují jejich téměř neomezené využití pro závlahy. Z hlediska závlahového využití je nezbytná znalost velikosti zásob podzemní vody, určení (dlouhodobá prognóza) využitelného množství. Využitelné množství podzemní vody se stanoví buď přímým měřením nebo nepřímými metodami.

**Odpadní vody jako zdroj závlahové vody.** Doposud málo využívaným zdrojem závlahové vody jsou vody odpadní. Pro závlahové účely je možné použít odpadní vody městské, zemědělské a některé průmyslové. Většina druhů odpadních vod vyžaduje mechanické nebo i biologické čištění. V aridních oblastech mohou být tyto zdroje jedinou reálnou možností vybudování závlah. O jejich využití rozhoduje jakost vody.

#### 2.4.2.2 Jakost závlahové vody

Jakost vody je jedním z činitelů rozhodujících o možnosti realizace závlah v dané oblasti. Jakost závlahové vody se posuzuje podle vlivu na výnosy zavlažovaných plodin, jejich vývoj, jakost, vzhled a složení, vliv na půdu, její fyzikální, chemické a biologické vlastnosti. Je nutné sledovat působení závlahové vody na obsluhu závlahových zařízení, strojní a stavební vybavení závlahové soustavy, kvalitu povrchových a podzemních vod, přírodní prostředí na zavlažovaném území a v jeho okolí. Pro posuzování jakosti závlahové vody se vychází z ukazatelů ČSN 75 7143 „Jakost vody pro závlahu“. Pro posuzování kvality povrchových vod použije se ČSN 83 0602 „Posuzování jakosti povrchové vody a způsob její klasifikace“. Jednotlivé ukazatele jakosti závlahové vody se stanoví podle zásad uvedených v ČSN 83 0530 „Chemický a fyzikální rozbor povrchové vody“, ČSN 83 0532 „Biologický rozbor povrchové vody“ a ČSN 83 0633 „Radiologický rozbor povrchové vody“, jednotné metodiky



uvádějí HORÁKOVÁ-LISCHKE-GRÜNWARD (1986); biologická stanovení uvádějí SLÁDEČEK-SLÁDEČKOVÁ (1995) aj.

**Fyzikální vlastnosti závlahové vody.** Při posuzování fyzikálních vlastností závlahové vody se sleduje především mechanické znečištění anorganickými a organickými částicemi a teplota vody. Minerální částice o průměru  $d > 0,1$  mm zanášejí odběrné objekty, potrubí a kanály a musí být odstraněny. Částice o  $d = 0,10$  až  $0,005$  mm mohou mít příznivý vliv na vlastnosti lehkých půd. Závlahová voda, obsahující tyto částice se použije ke gravitačním závlahám lehkých půd, louky a pícniny se zavlažují vždy po seči. Částice  $0,005$  až  $0,001$  mm mají příznivý účinek na lehkých půdách, u těžkých půd způsobují jejich zakolmatování, při postřiku znečišťují rostlinu. Hlavním zdrojem organického znečištění vody je eutrofizace vodních toků a nádrží. Do odběrů závlahových zařízení se dostává nadměrné množství řas, sinic a vodních rostlin a jejich částí. Při závlaze postřikem běžným závlahovým zařízením činí přípustná velikost částic 1 mm, výjimečně 2 mm; při bodové a kapkové závlaze a mikropostřiku maximální velikost tvrdých částic nemá přesáhnout  $1/5$  až  $1/10$  a u měkkých částic  $1/6$  až  $1/3$  průměru výtokových otvorů.

*Teplota vody* má být v jarním období 10 až  $15^{\circ}\text{C}$ , v létě 15 až  $25^{\circ}\text{C}$ , maximální teplota činí  $35^{\circ}\text{C}$ . Teplota vody má být vyšší než teplota půdy. Při využívání podzemních vod je třeba teplotu vody zvyšovat v předehřívacích nádržích. Vyšší teplotu závlahové vody z tepelných elektráren využijeme např. k ohřevu půdy a ochraně před jarními mrazíky.

**Chemické a biologické vlastnosti závlahové vody.** Z hlediska doplňkových závlah, podle vhodnosti dělí se vody podle ČSN 75 7143 do tří tříd, I.třída - voda vhodná k závlaze, II.třída - voda podmíněně vhodná k závlaze, III.třída - voda nevhodná k závlaze. Jednotlivé ukazatele uvádí ČSN 75 7243, ŠÁLEK (1997) aj.

#### 2.4.2.3 Uspořádání závlahové soustavy



Závlahové soustavy tvoří odběrný objekt, úprava závlahové vody, přívodní a rozvodné zařízení, čerpací stanice, měrné a regulační zařízení a uspořádání podrobné závlahy.

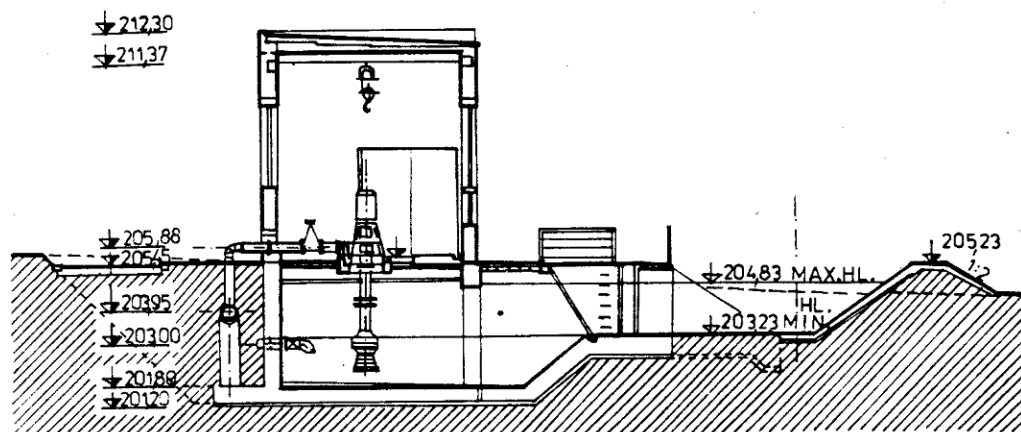
**Odběry a úprava závlahové vody.** Důležitou součástí závlahových zařízení jsou odběry závlahové vody a zařízení na její úpravu, pokud závlahová voda nespĺňuje požadavky na jakost. Podle konstrukčního řešení, funkce a celkového uspořádání dělí se odběrná zařízení na odběry vody z bystřin, potoků, řek, kanálů, rybníků, přehradních nádrží, odběry odpadních vod z čistírenských zařízení, odběry podzemních vod z vrtů, studní, štol a jímacích zářezů. Zařízení na úpravu závlahové vody tvoří česle, pevná rotační síta (sítové filtry), lapáky písku, usazovací nádrže, tlakové a beztlakové filtry, dezinfekční zařízení apod. Podrobnosti týkající se návrhu odběrných objektů a úpravy závlahové vody uvádí ŠÁLEK (1993) aj.

**Přívod a rozvod závlahové vody.** Závlahové kanály a žlaby se používají pro přívod, rozvod a rozdělování závlahové vody. Podle účelu dělí se závlahové kanály na hlavní, vedlejší a rozváděcí, podle způsobu provedení na otevřené a kryté. Závlahové kanály se nejčastěji navrhují opevněné a těsněné. O trase závlahového kanálu rozhoduje tvar zavlažované plochy; je třeba se vyhnout

neúnosnému podloží, rašeliništím, svážným územím apod. Nejmenší poloměr oblouku činí šestinásobek šířky koryta, nejmenší délka rovných úseků je dvojnásobek šířky koryta. Objem výkopu a násypu má být stejný při minimálních rozvozných vzdálenostech. Závlahové kanály mohou sloužit i energetickým, zásobovacím aj. účelům. Příčný profil závlahového kanálu se navrhuje nejčastěji lichoběžníkový, sklony svahů podle půdně-mechanických vlastností zeminy 1:1 až 1:3. Velké závlahové kanály mají často složený příčný profil. Stabilita sklonu svahu se posoudí početními metodami. Speciálním typem závlahových kanálů jsou žlabové rozvody ze žlabovek z předpjatého betonu.

**Závlahové čerpací stanice** jsou určené k čerpání závlahové vody z níže ležících vodních zdrojů na zájmovou zavlažovanou plochu k získání potřebného přetlaku pro rozstřík vody a provoz zavlažovacích strojů. Závlahové čerpací stanice se dělí na primární (podávací), které čerpají vodu z vodního zdroje na zájmovou plochu, sekundární (provozní), odebírající vodu ze závlahové sítě, do níž byla dodána primární čerpací stanicí na zavlažovanou plochu a terciální, určené např. k zvyšování tlaku (dopravní výšky).

Čerpací stanice bývá nejčastěji vybavena nápuštným objektem, sací jímkou, vlastní strojovnou a doplňkovým vybavením. Nápuštný objekt umožňuje odběr vody ze zdroje. Uspořádání a vybavení vtoku musí zabezpečovat ochranu čerpací stanice před splaveninami, poškozením ledem apod. Sací jímka se navrhuje s ohledem na počet a druh čerpadel, přívod vody, kolísání hladiny ve zdroji apod. Sací jímka musí zajišťovat nerušený provoz čerpací stanice. Rozmístění čerpacích agregátů v čerpací stanici musí umožňovat nerušený chod, snadnou obsluhu, dostatečnou bezpečnost provozu a dostatek prostoru pro montáž a demontáž čerpadel a elektromotorů. K pohonu čerpadel se nejčastěji používají elektromotory, méně pak spalovací a vznětové motory, vodní a větrné motory. Uspořádání provozní závlahové čerpací stanice závlahové soustavy Brod – Bulhary-Valtice, podle návrhu HDP Brno je na obr. 2.9



Obr. 2.9 Závlahová čerpací stanice na závlahovém kanálu

**Závlahové potrubí a trubní síť.** Trubní rozvod patří k nejužívanějším způsobům přívodu a rozvodu závlahové vody. Podkladem pro řešení jsou výsledky geodetického, hydrologického, geologického a hospodářského průzkumu, zemědělsko-výrobní podmínky, uspořádání závlahové soustavy, způsob řešení podrobné závlahy, přírodní a klimatické podmínky, závlahový režim apod. Síť se navrhuje v souladu s ČSN 75 4306. Při návrhu je třeba posoudit

uspořádání závlahové soustavy, rozmístění čerpacích stanic, optimální tvar a počet půdních bloků a honů, účelnost závlahy odlehlých pozemků, polohu, umístění závlahových nádrží a vodojemů, přečerpávacích stanic, odběry vody, místní podmínky, zásady ochrany a tvorby životního prostředí apod. Podle režimu proudění jsou závlahová potrubí tlaková, nízkotlaká a s průtokem o volné hladině. K dopravě závlahové vody se používají potrubí kovová (z oceli, litiny, slitin hliníku), trouby z nekovových materiálů (beton, železobeton, předpjatý beton, azbestocement, sklo), trubky z plastů (polyvinylchlorid, polyetylén, ABS, polyamidy, polypropylén aj.), trouby z keramických materiálů (kamenina, pálená hlína, čediče). Ocelové trubky se vyrábějí svařované a bezšvé; svařují se a vybavují vhodnou antikorozi ochranou. K beztlakovým přívodům a rozvodům vody se používají betonové trouby hrdlové a trouby s perem a polodrážkou. Trubky z plastů se užívají k tlakovým i beztlakovým rozvodům. Největší rozšíření mají u nás trubky z polyvinylchloridu (PVC) vyráběné v souladu s ČSN 64 3212 a beztlakové trouby z PVC, které se spojují hrdlovými spoji. Trubky z rozvětveného polyetylénu (rPE) a trubky z lineárního polyetylénu (lPE) se vyrábějí podle ČSN 64 3041. Trubky z polyetylénu se svařují. Z keramických materiálů patří k nejužívanějším beztlakové kameninové trouby podle ČSN 72 5200. Tabulky pro výpočet potrubí zpracovali ŠEREK a ŠÁLEK (1991).

#### 2.4.2.4 Zařízení podrobné závlahy



Zařízení podrobné závlahy (závlahového detailu), které zajišťuje rozdělování vody po zavlažované ploše, tvoří závlaha postřikem, podmokem, přerodem, výtopou (gravitační způsoby), mikrozávlahy (bodová, kapková, mikropostřik) a podpovrchové závlahy.

**Závlaha postřikem.** Postřik je v podmínkách ČR převažujícím způsobem závlahy a odpovídá terénním a půdním podmínkám. Pro rozdělování závlahové vody po zavlažované ploše se používají postřikovače, které rozstříkují závlahovou vodu jedním nebo více pohyblivými se paprsky a rozstříkovači, které rozptylují vodu nepohyblivou hubicí. Parametry postřikovačů uvádí TNV 75 4307 „Závlahová zařízení podrobná pro postřik“. K povrchovému rozvodu závlahové vody používají se tenkostěnné trubky z oceli, hliníku a plastů o průměru 70 a 150 mm vybavených rychlospojkami. Postřikovače se osazují na linky rychlospojkového potrubí, doplněné příslušnými tvarovkami a armaturami. Sestava postřikovačů, při klasickém uspořádání, se navrhuje čtvercová o straně 1.0 až 1.2 R (R je poloměr dostřiku), trojúhelníková 1.1 R x 1.3 R až 1.2 R na 1.4 R, obdélníková a sektorová.

Úplný podrobný povrchový neb podzemní trubní rozvod závlahové vody se používá nejčastěji k závlaze speciálních kultur jako ovocných sadů, vinic, chmelnic, zeleniny, parků apod. Potrubí se vede nad terénem, na terénu a pod terénem a připojuje se k podzemní trubní síti a nejčastěji se navrhuje zokruhované.

**Závlahové stroje** jsou mobilní zařízení pro rozvádění a dávkování vody po zavlažované ploše. Podle konstrukčního uspořádání se závlahové stroje dělí na konzolové a mostové zavlažovače, valivé a lineární zavlažovače, zavlažovače s pivotem, pásové zavlažovače a automatické zavlažovače.

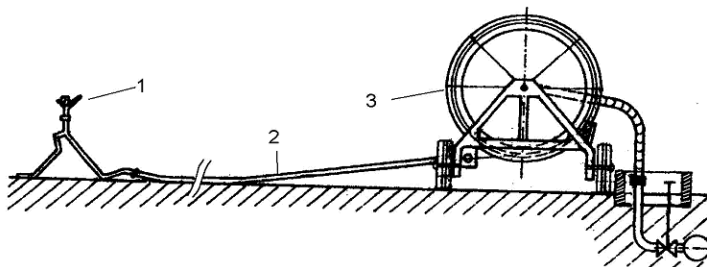
*Konzolové zavlažovače* se skládají z postřikovačů umístěných na otáčivé (pevné) ocelové příhradové konstrukci na podvozku. Délka konzol bývá od 24 do 80 m, výška nad terénem od 2.5 do 8.5 m.

*Mostové zavlažovače* tvoří ocelová nosná konstrukce osazená na dvou podvozcích. Na nosné konstrukci je zavěšeno potrubí, kterým se přivádí závlahová voda k rozstřikovačům. Přívodní potrubí může tvořit část nosné konstrukce zavlažovače.

*Lineární zavlažovač* je stroj na podvozcích, který se pohybuje podél přívodu vody. Lineární zavlažovače jsou v podstatě mostové zavlažovače o více polích. Hlavní potrubí se připojuje jedno nebo oboustranně k hydrantům podzemního potrubí. Jednotlivé podvozky jsou poháněny samostatnými elektromotory, potřebnou energii jim dodává pojízdný agregát. K lineárním zavlažovačům se přivádí voda vlečeným potrubím, připojeným k hydrantům podzemní trubní sítě, popřípadě z mobilní čerpací stanice.

*Zavlažovače s pivotem* jsou obdobou lineárních zavlažovačů. Zdrojem vody je centrální hydrant – pivot, okolo něž se celá konstrukce otáčí a zavlažuje kruh nebo výseč. Umožňují vysokou automatizaci závlah.

*Pásové zavlažovače* s mobilním navijákem na podvozku, hydromotorem nebo turbinou, se svinovatelnou trubkou (hadicí) a postřikovačem umístěným na potahovacím stativu patří k nejrozšířenějším pásovým zavlažovačům. Uspořádání pásového zavlažovače je znázorněno na obr. 2.8. Pásový zavlažovač se postaví na okraj pozemku, potrubí se lehkým traktorem rozvine po poli a připojí postřikovač na kluzném stojanu. Zavlažovač se připojí k hydrantu podzemní přívodní trubní sítě a uvede do provozu. *Navijením trubky se zavlaží pás pozemku.*



Obr. 2.10 Schéma provozního uspořádání pásového zavlažovače

- 1-stativ,
- 2-hadice,
- 3-naviják

Účinně zavlažená plocha pásových zavlažovačů  $S_e$  činí  $S_e = a \cdot l_p$ , kde  $a$  je vzdálenost mezi zavlažovači (spon),  $a = 1,4$  až  $1,6 R$  u polních plodin;  $a = 1,1$  až  $1,4 R$  u zelenin,  $R$ -dostřik postřikovače.

*Mikrozávlahy* jsou lokalizované povrchové nebo podpovrchové závlahy, dodávající malá množství vody přímo k rostlinám a to po kapkách, pozvolným výtokem nebo postřikem. Z hlediska konstrukčního uspořádání se dělí do těchto skupin:

- závlahu kapkovou, dodávající vodu z potrubí o malém průměru po kapkách,
- závlahu bodovou, zavlažující plynulým malým výtokem z výtokových zařízení,
- mikropostřik (mikropostřikovači a rozstřikovači).

Mikrozávlahy se uplatňují v naší praxi především při závlaze speciálních kultur. Předností tohoto způsobu závlahy je *úspora závlahové vody*, vyšší stupeň využití závlahové vody, energetické úspory na čerpání, možnost závlahy sklonitých ploch a pozemků se složitým reliéfem. Závlahu je možné plně automatizovat. Jednotlivá zařízení se převážně umísťují nad terén. Bodová i kapková závlaha se může navrhovat mělce pod terénem. Nevýhodou jsou vyšší investiční náklady na ha zavlažené plochy.

*Závlaha brázdovým podmokem* se využívá pro závlahu, zvláště v aridních oblastech – menší ztráta vody výparem, okopanin - cukrovky, krmné řepy, brambor, ale i kukuřice, ovocných sadů a vinic a spočívá v rovnoměrném rozdělování vody do zavlažovacích brázd a její následné infiltraci do půdy. Rozchod a délka závlahových brázd závisí na půdním druhu a hydraulické vodivosti půdy (propustnosti půdy).

*Závlaha pásovým přeronom* spočívá v navlažování půdy infiltrací vodou, která v tenké vrstvě protéká po pásu vymezeném dvěma malými hrázkami. Optimální sklon a brázd a přeronomových pásů je od 0,2 do 2%, šířka pásů od 2 do 12 m, délka brázd a přeronomových pásů se navrhuje 150 až 350 m podle druhu půdy, kvality urovnávky a sklonu pozemku.

*Závlaha výtopou* se u nás používá jen výjimečně při závlaze okalovými vodami lučních a lesních kultur a při dočištění odpadních vod na filtračních polích. V zahraničí se setkáváme se závlahou výtopou při závlaze rýže. Výtopa se u nás navrhuje převážně přerušovaná. Zavlažovaná plocha (výtopová zdrž) se napustí vodou na střední výšku 0,10 až 0,25 m, závlaha se přerušuje a voda se nechá vsáknout.

*Podpovrchová závlaha* je v podstatě závlaha drenážním podmokem, kterou se reguluje vlhkostní režim půd. Základní způsoby a uspořádání podpovrchové závlahy jsou:

- regulační drenáž, vybavená zařízením na automatickou regulaci úrovně hladiny podzemní vody, odvádějící přebytečnou vodu při nadbytku a přivádějící vodu v době jejího nedostatku.
- podpovrchová závlahová drenáž (drenážní podmok) vytvářející buď zónu kapilárně zavěšené vody, nebo umělou hladinu podzemní vody nad přirozeným, resp. umělým málo propustným podložím,

Předností podpovrchových závlah spočívají především v příznivém vlivu na půdu; struktura půdy zůstává nenarušena, povrch půdy není přemokřen, práce zavlažovatelů je snadnější a produktivita vyšší.

Závlaha speciálních kultur a sídlištní (městské) zeleně. Do skupiny závlah speciálních kultur patří:

- závlaha zeleniny a skleníkových kultur,
- závlaha ovocných sadů, vinic a chmelnic,
- závlaha travnatých hřišť pro míčové sporty a golf,
- závlaha městské zeleně, zejména parků a travnatých ploch,
- klimatizační a protimrazová závlaha.

Podrobnosti uspořádání těchto speciálních závlah uvádí HOLÝ et al. (1978), ŠÁLEK (1985) aj.

**Závlaha odpadními vodami.** Při závlaze odpadními vodami využíváme jejich vodní i hnojivou hodnotu, při jejich současném ekonomickém čištění (dočištění) v půdním prostředí. K závlaze se používají odpadní vody z obcí (splašková, komunální), vhodné odpadní vody průmyslové (potravinářský průmysl) a odpadní vody zemědělské. Filtrací v půdním prostředí se zachycuje většina suspendovaných látek, které pak přispívají ke zvýšení obsahu humusu v půdě. Kvalita a rozsah fyzikálních, fyzikálně-chemických, chemických a biologických procesů rozhoduje o výsledném čistícím účinku půdy.

Odpadní voda používaná k závlaze nesmí obsahovat toxické látky v množství převyšující hranici toxicity. S jakostí odpadní vody použité k závlaze souvisí výběr vhodných plodin, závlahový režim, technické uspořádání závlah, volba ochranných opatření (karanténní lhůty, ochranná pásma aj.), požadovaný stupeň čištění, ochrana ovzduší, povrchových a podzemních vod a celková ochrana životního prostředí. Závlahovému využití odpadních vod předchází minimálně mechanické čištění, v odůvodněných případech mechanicko-biologické, příp. chemické čištění a dezinfekce UV zářením, uspořádání závlah odpadními vodami uvádí ŠÁLEK (1985) aj.

Zvláštním způsobem je závlaha tekutými zemědělskými odpady (kejdou, močůvkou, silážními vodami) a závlaha stabilizovanými a hygienizovanými čistírenskými kaly. Závlaha těmito tekutými odpady má převážně hnojivý účinek, půda se obohacuje o rostlinné živiny a organické (humusotvorné) látky. Podrobnosti řešení závlah tekutými odpady uvádí ŠÁLEK (1985) aj.

2.5 Jak se vyhodnocuje vlhkostní ráz krajiny? Jaký typ závlahy je u nás nejčastější? Který typ závlah nejvíce šetří vodu? Co je zdrojem vody pro hnojivé závlahy?



### 2.4.3 Odvodnění půd

Zamokření - nadbytek vody v půdě a neupravený vodní režim snižují ekonomické využití půdy k zemědělským a stavebně-technickým účelům. Zamokření se velmi nepříznivě projevuje omezením, až znemožněním růstu polních plodin, zeleniny, sadů, parků a lesních dřevin. Nadbytek vody v půdě – změna jejich mechanických vlastností, znesnadňuje výstavbu liniových a dopravních staveb, ztěžuje zakládání všech druhů staveb a podstatně zvyšuje náklady na výstavbu a provozování stavebních děl.



Vysoký obsah vody v půdě způsobuje postupné zbahnění a vznik anaerobních rozkladných pochodů v půdě. Zamokřené půdy jsou mimořádně nepříznivé i z hlediska hygienického, neboť výrazně zhoršují zdravotní stav krajiny. Nadbytkem vody se zhoršuje i stabilita půd a náchylnost k sesuvům, způsobuje podstatné snížení vzdušné kapacity půdy, zhoršení teplotních poměrů i změnu chemických a biologických vlastností půdy. U písčitéch až hlinitopísčitéch půd zamokření způsobuje vysoká hladina podzemní vody. Těžké jílovitohlinité až jílovité půdy se vyznačují malou propustností a náchylností k snadnému zbahnění. Zamokření bývá způsobeno povrchovou vodou.

Změna fyzikálních, chemických a biologických vlastností vede k narušení humifikačních pochodů v půdě a vzniku kyselého humusu, narušení sorpčního komplexu půdy, vzniku anaerobních rozkladných pochodů a celkovému zamoření půdy vznikajícími toxickými látkami. **Kulturní rostliny** v takovém prostředí nenacházejí příznivé životní podmínky a postupně, v zhoršujícím se prostředí hynou.

Nadbytek vody charakterizují mokřadní rostliny - sítiny, šáchory, ostřice, pryskyřník prudký, podběl obecný, ocún, blatouch, rákos, skřípiny, přeslička. Z dřevin jsou charakteristické vrby, olše a břízy. Zamokřená půda je chladná, špatně se obdělává. Zamokřené půdy a bažiny umožňují rozšíření přenosných a nakažlivých chorob pro člověka, např. malárii roznášenou komárem rodu *Anopheles*, nebo spavou nemoc apod. U zvířat je to především motolice ovčí aj. Zamokřená území zhoršují celkový zdravotní stav celých oblastí a často znemožňují její obyvatelnost a zemědělské využití.

*Zamokření a všechny jevy s tím spojené posuzujeme vždy ve vztahu k člověku a lidské civilizaci. V krajině bez člověka je zamokření zcela přirozené a pro mnohé organizmy nezbytně nutné pro jejich existenci.*

#### 2.4.3.1 Hlavní odvodňovací stavby



Hlavní odvodňovací zařízení jsou:

- kanály – odvodňovací, záchytné, odlehčovací, obvodové, jejichž úkolem je zachytit a neškodně odvést, příp. převést vodu,
- ochranné nádrže na zachycení části, nebo celých povodňových průtoků,
- ochranné hráze na ochranu objektů a zařízení před velkými vodami,
- odvodňovací čerpací stanice

**Odvodňovací kanály** jsou určeny k odvádění přebytečné vody z krajiny. Odvodňovací kanály se navrhují se zřetelem na územní a zemědělsko-výrobní poměry, lesní hospodářství, požadavky ochrany a tvorby životního prostředí, řešení podrobného odvodnění a protierozní ochrany, vlastnické poměry apod. Navrhují se většinou jako otevřená koryta vyjímečně jako kryté. Návrhové průtoky pro dimenzování odvodňovacích kanálů s povodím větším než 5 km<sup>2</sup> se získají u příslušného pracoviště hydrometeorologické služby; pro odvodňovaná povodí do 5 km<sup>2</sup> se návrhové průtoky počítají podle typizační směrnice „Návrhové průtoky pro velmi malá povodí“, HDP Praha 1988.

Odvodňovací kanály se navrhují na návrhový průtok s ohledem na zájmové území  $Q_1$  až  $Q_3$  u luk a pastvin, na  $Q_3$  až  $Q_{10}$  u rolí, na  $Q_{50}$  u sídlišť a  $Q_{50}$  až  $Q_{100}$  u rozsáhlejších sídlišť a průmyslových celků. Návrhový průtok objektů komunikací určuje ČSN 73 6201 a ČSN 73 6961. Hydraulický výpočet odvodňovacího kanálu spočívá ve:

- stanovení charakteru proudění (říční, bystřinné), návrhu a posouzení kapacity koryta,
- výpočtu měrných křivek kanálu, střední průřezové rychlosti, hladin návrhového průtoku,

- výpočtu kritických rychlostí, návrhu a posouzení druhu a způsobu opevnění kanálu,
- výpočtu kapacity profilů mostů a propustků, stanovení rozsahu vzduť vyvolaného mosty aj. objekty,
- výpočtu vývarů, stupňů, skluzů, regulačních objektů včetně vypracování měrných charakteristik,
- stanovení vlivu výšky hladiny v kanále na úroveň hladiny podzemních vod v jeho okolí,
- posouzení vlivu kanálu na přítoky, zaústění, okolní objekty a stavby.

*Pro tyto výpočty použijeme prostředků Hydrauliky a Vodních staveb uvedených v modulech 01 a 03.*

Trasa odvodňovacího kanálu se vede nejnižšími místy odvodňovaného území a je třeba ji přizpůsobit místním podmínkám, komunikacím, stavbám aj. objektům. Kanály se začleňují do komplexního uspořádání pozemkových úprav. Minimální poloměry oblouků kanálů se navrhuje na šestnásobek šířky hladiny odpovídající návrhovému průtoku, minimální délka rovného úseku mezi protisměrnými oblouky na dvojnásobek šířky hladiny. Kanály se vhodným způsobem opevňují, stejně jako upravované toky viz. Modul 03. Kanály se zaústí do recipientu gravitačně tzv. gravitační odpad. Pokud toho nelze ekonomicky dosáhnout budují se kombinované odpady (částečně gravitační, částečně čerpané) a čerpané odpady čerpacími stanicemi.

**Odvodňovací čerpací stanice** navrhuje se v případech, kdy se nemůže zajistit gravitační odvedení vody ze zájmové (chráněné) plochy. Je to nejčastěji v nížinných oblastech (nedostatečný sklon), při přečerpání vody z bezodtokých kotlin a území, z území chráněného hrázemi, z depresí po poddolování, při zakládání staveb pod úrovní hladiny podzemní vody apod. Umístění čerpací stanice ovlivňují terénní poměry, hydrologické, hydrogeologické a základové poměry, druh odvodňovacího a přívodního zařízení, charakter recipientu, možnosti gravitačního odtoku, konstrukce a uspořádání čerpacího zařízení apod.

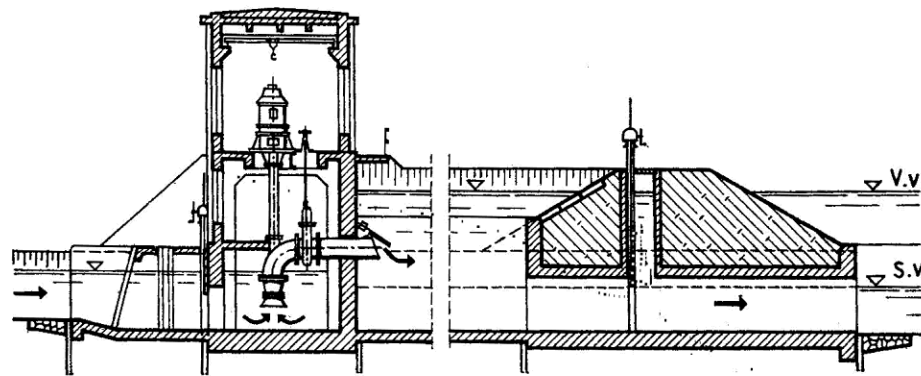
Vzhledem k poloze hlavního odvodňovacího kanálu dělí se čerpací stanice na čelní a boční, s gravitačním obtokem a bez gravitačního obtoku. Čerpaná voda se vypouští do uklidňovací nádrže oddělené od recipientu hrázovou výpustí, nebo se vyúsťuje přímo do recipientu, nebo se převádí přes ochrannou hráz násoskou. Podle druhu čerpadel se rozeznávají čerpací stanice s vrtulovými, šnekovými, odstředivými aj. čerpadly. S nízkou, střední a vysokou výtlačnou výškou. Čerpadla se umísťují do krytých nebo otevřených čerpacích stanic, do speciálních sacích jímek, nebo přímo do odpadního potrubí (ponorná). Odvodňovací čerpací stanice jsou poháněny elektromotory, spalovacími motory, parními i větrnými motory. Čerpací stanice se navrhuje stabilní, polostabilní a mobilní. Pro dimenzování kapacity čerpací stanice je důležité stanovení přítoku k čerpací stanici v době čerpání ( $Q$ ). Pro výpočet množství čerpané vody vztah

$$Q = \left( q_p + q_d + \frac{10 \varphi s}{t_1} \right) S + k h L \quad (\text{m}^3 \text{ s}^{-1}) \quad (2.13)$$

kde  $q_p$  je specifický povrchový odtok ( $m^3 \cdot s^{-1}$  z 1 ha),  $q_d$ -specifický podzemní odtok ( $m^3 \cdot s^{-1}$  z 1 ha),  $t_1$ -potřebná doba čerpání (s),  $s$ -dešťová srážka (mm) za období čerpání  $t_1$ ,  $\varphi$ -odtokový součinitel,  $L$ -délka ochranné hráze (m),  $h$ -přetlak vody v ohrázeném toku (m),  $k$ -hydraulická vodivost hráze ( $m \cdot s^{-1}$ ),  $S$ -odvodňovaná plocha (ha).

Konstrukce odvodňovacích čerpacích stanic je značně rozmanitá; závisí nejen na čerpaném množství, dopravní výšce, době čerpání, druhu čerpacího zařízení, ale i na účelu a funkci čerpacího zařízení. Příklad uspořádání je uveden v obr. 2.11 Podle funkce dělí se odvodňovací čerpací stanice na zařízení:

- na čerpání vody z podrobného odvodňovacího zařízení do kanálové sítě,
- na čerpání vody do kanálové sítě vyššího řádu,
- k čerpání vody z hlavních odvodňovacích kanálů do recipientu,
- speciální, na čerpání vody z bezodtokých území, stavebních jímek apod.



Obr.2.11 Odvodňovací čerpací stanice s uklidňovací nádrží a hrázovou propustí

#### 2.4.3.2 Podrobná odvodňovací zařízení



Podrobná odvodňovací zařízení jsou určena k zachycení a odvedení vnějších a vnitřních povrchových a podpovrchových vod, které způsobují zamokření. Zařízení podrobného odvodnění (odvodňovací detail) se dělí podle způsobu provedení a použité technologie do těchto skupin:

- biologická, využívající příznivých vlastností vegetace ke snížení zamokření, stabilizaci krajiny apod.,
- technická, která pomocí technických prostředků, staveb a zařízení regulují vodní režim,
- hydropedologická, zaměřená na vytvoření optimálních podmínek k intenzivnímu vsaku do půdy a převedení do hlubších horizontů.
- kombinovaná opatření, využívající kombinace jednotlivých výše uvedených způsobů.

Podrobná odvodňovací zařízení technického charakteru tvoří:

- záchytné příkopy, záchytné drény, odvodňovací příkopy jednotlivé i plošné soustavy,
- horizontální sporadická drenáž, pramenné jímky apod.,

- horizontální plošná (systematická) trubková drenáž,
- vertikální drenáž různého uspořádání.

Odvodnění trubkovou drenáží dělí se na:

- ojedinelou (sporadickou) drenáž, kterou se odvádí voda z místního, plošně omezeného zamokření,
- plošnou drenáž, tvořenou systémem svodných a sběrných drénů (drenážních souřadů) spojených do drenážních skupin s drenážní výústí.

Sběrné drény se navrhují příčné (příčně na směr proudění podzemní vody) při sklonu terénu nad 1%, podélné (ve směru proudění podzemní vody) při sklonu terénu 0,3 až 1% a v umělém sklonu při sklonech terénu do 0,3%. Maximální přípustné délky sběrných drénů jsou u příčných drénů 150 až 200 m, podélných drénů 120 až 150 m. U drénů v umělém sklonu 100 m a drény v rašelinných půdách se navrhují maximálně 80 až 100 m dlouhé. Hloubka sběrných drénů bývá u polí v rozmezí 0,8 až 1,3 m, u luk 0,8 až 1 m, u sadů, vinic a chmelnic minimálně 1,3 m. Vnitřní průměr sběrných drénů z pálené hlíny a flexibilních drénů z plastů je 50 mm, u hladkých drénů z plastů 40 mm. Půdy se zvýšeným obsahem železa, kde je nebezpečí zanášení, se navrhují o vnitřním průměru 65 až 100 mm. Optimální podélný sklon sběrných drénů v minerálních půdách je 1 až 2%, minimální sklon 0,3%, při nebezpečí zanášení 0,5%.

Sběrné drény nesmí křížit komunikace, vodní toky a kanály. Drén trubkové drenáže působí do vzdálenosti 1/2 rozchodu drénu, konce drénu do vzdálenosti 1/4 rozchodu. Drenážní výústě se zaústují minimálně 0,2 až 0,3 m nad dno recipientu, vždy ale nad hladinu  $Q_{210d}$ . Do linek svodných drénů se vkládají kontrolní šachtice, max. vzdálenost je 400 m, je-li nebezpečí zanášení, zkracuje se vzdálenost na 200 m.

Materiály, druhy a konstrukce drénů. Podle použitého materiálu rozeznáváme drény z pálené hlíny, plastů (PVC, PE), betonu, dřevěné, kamenné apod. Drenážní trubky jsou převážně kruhového průřezu, různé délky a uspořádání. Drenážní trubky z plastů se vyznačují řadou významných vlastností - lehkostí, hladkostí, pružností, dobrým odvodňovacím účinkem a možností mechanizace ukládání. K výrobě se používá polyvinylchlorid (PVC), polyetylén (PE) aj. Nejužívanější jsou trubky z PVC. Vyrábějí se trubky hladké, vlnité - flexibilní tab.2.5 a fóliové.

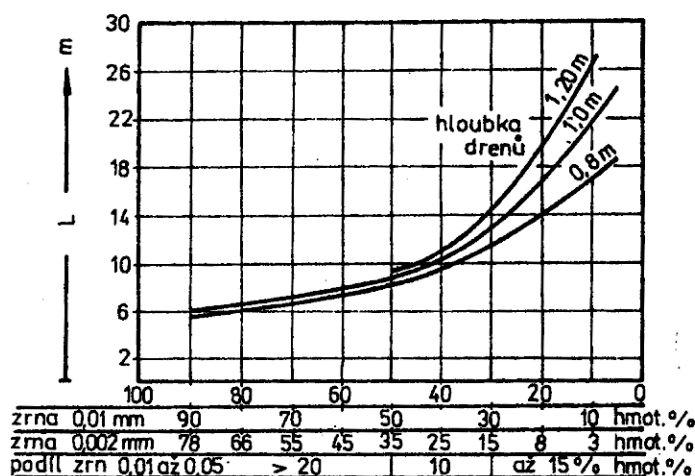
Tab. 2.5 Základní parametry flexibilních drenážních trubek z plastů

Vnější průměr D (mm)	50	65	80	100	125	140	160	200
Dovolená tolerance D (mm)	+ 0.5 až -1.5			+ 0.5 až - 2.0				
Délka spojky (mm)	70	90	90	120	150	150	200	200

Stanovení rozchodu drénů pro systematické odvodnění v jednoduchých podmínkách podle zrnitostního složení půdního prostředí. Rozchod  $L$  pro semi- a hydromorfni půdy se sklonem terénu do 2% a ročním srážkovým úhrnem do 600 mm, stanoví se z rovnice

$$L = L' \cdot k_{pr} \cdot k_{st} \quad (2.14)$$

kde rozchod  $L'$  se stanoví podle ČSN 75 4200 z grafu na obr. 2.10 pro  $i < 2\%$ ,  $H_s < 600\text{mm}$ , v závislosti na obsahu fyzikálního jílu ( $< 0.002\text{ mm}$ ) v odvodňovaných půdách,  $k_{pr}$  - vliv prachových částic,  $k_{sl}$  - vliv slídnatosti



Obr.2.12 Stanovení rozchodu drénů v minerálních půdách

Přesnější početní metody stanoví rozchod drénů pro ustálené a neustálené drenážní proudění, podrobnější údaje uvádějí ČSN 75 4200, HOLÝ et al. (1978), ŠÁLEK (1997) aj.

K hlavním objektům na drenážní síti patří křížení s liniovými stavbami, kontrolní, provzdušovací a spadištní šachtice a drenážní výustě.

#### 2.4.3.3 Zvláštní způsoby odvodnění



Do skupiny zvláštních druhů a způsobů odvodnění drenáží můžeme zařadit některé způsoby odvodnění zemědělských půd krtčí a křížovou drenáží, regulační víceúčelovou drenáž a příkopové odvodnění. Dále pak všechny druhy a způsoby odvodnění sídlišť, průmyslových a stavebních objektů, dolů, dopravních a ostatních liniových staveb a v neposlední řadě celé skupiny sportovišť.

**Krtčí drény** jsou zvláštním případem zemních drénů; zhotovují se strojně krtčím drenážním pluhem. O použití krtčí drenáže rozhodují především půdní vlastnosti. Krtčí drény se používají většinou jako sběrné drény; jejich délka nemá přesáhnout 100 m. Krtčí drény se vyústí do svodných příkopů a do svodných drénů. Konec krtčího drénu se stabilizuje drenážními trubkami, případně se k svodným drénům připojí přímo přes filtrační vrstvu tloušťky 0,3 až 0,4 m. Sklony krtčích drénů se navrhuje po celé délce stejné, minimální sklon činí 0,4%, největší sklon nemá přesáhnout 1%. Krtčí drenáž se různým způsobem zpevňuje fóliemi a trubkami z PH (fóliovou a flexibilní drenáží). Pokusně se provádí zpevňování krtčích drénů cementací, vypalováním a nástřiky tekutými PH.

**Křížová drenáž** se používá především k odvodnění těžkých půd v oblastech s nadbytkem dešťových srážek a málo propustnou spodinou, kde odvodnění běžnou trubkovou drenáží, zvláště po delší době provozu, nedává uspokojivé výsledky. Křížová drenáž se skládá z řídké sítě trubkové drenáže uložené v hloubce 0,9 až 1,1 m s rozchodem 3 až 5x větším, než je normální

rozchod. Napříč (křížem) této drenáže v hloubce 0,6 až 0,8 m se zřídí krtčí drenáž.

**Regulační drenáž.** Úkolem regulačních odvodňovacích zařízení je optimální regulace hladiny podzemní vody, vodního a vzdušného režimu půd, částečná retardace odtoku drenážních vod. Regulační drenáž umožňuje až úplnou automatizaci provozu a optimální hospodaření s vodou. V době nadbytku vody plní funkci odvodňovací, v době nedostatku vody se využívá k závlaze. Délka sběrných (zavlažovacích) drénů nemá být větší než 120m, optimální sklon 0,06 až 0,1%, minimální 0,05%, maximální 0,3%. Menší sklon je přípustný pouze tehdy, zabezpečí-li se u těžkých půd minimální rychlost v zavlažovacích drénech  $v_{\min} = 0,20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , u ostatních půd  $v_{\min} = 0,25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . K výstavbě se používají drény z PVC hladké a flexibilní a speciálně perforované trouby; velké profily se navrhují z železobetonu a laminátů. Pro vybudování regulační drenáže jsou nutné podmínky – rovinaté území, přiměřená propustnost půdy, kolísání hladiny podzemních vod do 2m.

**Příkopové odvodnění** se navrhuje s ojedinělými příkopy nebo soustavou sběrných a svodných příkopů:

- pro rychlé odvedení povrchových vod, tuto funkci plní záchytné příkopy,
- k odvodnění při nedostatečné hloubce recipientu a malém sklonu odvodňovaného území ( do 0.1%),
- v územích s výskytem podzemních vod s vysokým obsahem sloučenin železa,
- při odvodňování lesních půd v inundacích řek (lužní lesy apod.) a při odvodnění svážných území,
- při odvodňování dna rybochovných nádrží před odbahňováním,
- jako dočasné zařízení na zachycení a rychlé odvedení vody.

Sběrné i svodné příkopy navrhují se lichoběžníkového tvaru s min. šířkou dna 0,4 m, sklony svahů 1:1 až 1:2, minimální hloubky 0,6, v minimálním sklonu u sběrných příkopů 0,1%, u svodných 0,6%.

Rozchod sběrných příkopů stanoví se početně na základě všech potřebných vstupních údajů; orientačně se rozchody sběrných příkopů u luk a pastvin pohybují v rozmezí od 30 do 60 m, u orné půdy v rozmezí 30 až 40m, jejich délka se pohybuje od 200 do 300m při sklonu nad 0,3%, při umělém sklonu max. 150 m.

**Do skupiny zvláštních způsobů odvodnění** patří odvodnění sídlištních, průmyslových a zastavěných ploch, skládek, hřišť, dopravních staveb. Tato zařízení a způsoby odvodnění jsou velmi individuální. Navrhování a hydraulické výpočty těchto staveb je předmětem speciálních disciplin.

2.6 Jaké systémy drenáže znáte? Z jakých materiálů je nejčastěji drenážní potrubí? V jaké průměrné hloubce se buduje zemědělské odvodnění. Co reguluje regulační drenáž?



## Literatura:

- [18] HOLÝ, M. et al. *Odvodňovací stavby*. Praha: SNTL, 1984, 487 s.
- [19] HOLÝ, M. et al. *Závlahové stavby*. Praha, Praha: SNTL, 1976, 442 s.
- [20] HORÁKOVÁ, M. et al. *Chemické a fyzikální metody analýzy vod..* Praha: SNTL. 1986, 389 s.
- [21] PIVODA, B. – ŠÁLEK, J. *Čerpací stanice*. Praha: SNTL, 1982, 294 s.
- [22] SLÁDEČKOVÁ, A.-SLÁDEČEK, V. *Hydrobiologie*. Praha: ČVUT, 141 s.
- [23] ŠÁLEK, J. *Závlahové stavby - vybrané statě*. Praha: SNTL, 1985, 186 s.
- [24] ŠÁLEK, J. *Závlahové a odvodňovací stavby*. Praha: SNTL, 1981, 136 s.
- [25] ŠÁLEK, J. *Závlahové stavby*. Brno: Nakladatelství VUT, 1993, 202 s.
- [26] ŠÁLEK, J. *Vodní hospodářství krajiny I*, Brno: VUT, 1997, 152 s.
- [27] ŠÁLEK, J. – OUJEZDSKÝ, M. *Závlahové stavby – návody k projektu*. Brno: ES VUT, 1992, 124 s.
- [28] ŠEREK, M. - ŠÁLEK, J. *Inženýrské sítě a závlahové stavby*. Brno: ES VUT, 1991. 199 s.
- [29] ŠEREK, M. – ŠÁLEK, J. – MIČÍN, J. *Stokování a odvodnění*. Praha: SNTL, 1985. 238 s.
- [30] TLAPÁK, V. ŠÁLEK, J.-LEGÁT, V. *Voda v zemědělské krajině*. Praha: ZN, 1992, 318 s.

## 2.5 Ochrana a organizace povodí



Úkolem ochrany a organizace povodí je cílevědomá ochrana vody a půdy, při současném zlepšování přírodních, výrobních i životních poměrů a celkové ochraně a tvorbě životního prostředí. Povrch naší země není v podrobnostech tvarově ustálen, ale je neustále modelován vnějšími a vnitřními silami, hlavně vodou, větrem a ledem v procesu eroze, která je zcela **přírodním jevem**. Eroze spočívá v rozrušování povrchu země výše uvedenými činiteli a v její translokaci (přemístování) a akumulaci (hromadění) ve formě náplav, navátin nebo sutě. Tento proces je kladně, často i záporně ovlivňován člověkem. Protierozní ochrana přispívá k ekologické rovnováze krajiny, příznivě ovlivňuje její přírodní, estetické a kulturní hodnoty.

### 2.5.1 Větrná eroze půdy



Větrná eroze půdy postihuje v podmínkách ČR 28.8 % zemědělských půd. Erozní účinek větru spočívá v odnosu a transportu jemných půdních čás-

tic, semen a hnojiv. Poškození mladých rostlin; vysušování půdy. K určení oblastí ohrožených větrnou erozí stanovili PASÁK a JANEČEK (1984) erozně klimatický faktor C

$$C = 100 (6 + 0.52\check{C})^3 \cdot (I_z + 60)^{-2} \quad (2.15)$$

kde  $\check{C}$  je četnost výskytu větru  $>5^\circ$  Beauforta (%/rok),  $I_z$  – index zavlažení podle Končeka

$$I_z = H_{sv}/2 + \Delta H_{sz} - 10T_v - (30 + v^2) \quad (2.16)$$

kde  $H_{sv}$  je srážkový úhrn v mm za vegetační období (IV. až IX.),  $\Delta H_{sz}$  – kladná odchylka množství srážek od 105 mm za zimní měsíce (XII. až II.),  $T_v$  – průměrná teplota vzduchu ( $^\circ\text{C}$ ) celého vegetačního období,  $v$  – průměrná rychlost větru ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) ve vegetačním období ve 14 hodin. Hodnoty erozně klimatického faktoru C ohroženosti oblasti jsou uvedené v tab. 2.6.

Tab.2.6 Hodnoty erozní ohroženosti C podle PASÁKA et al. (1984)

Stupeň	Ohroženost oblasti	Faktor C	Obsah částic $<0,01$ mm v půdě v %
I	Nejohroženější	$> 40$	0 - 20
II	Silně ohrožená	$> 40$	20 - 30
III	Ohrožená	$> 40$	$> 30$
IV	Méně ohrožená	20 - 40	0 - 20
		20 - 40	20 - 30
V	Náchylná	20 - 40	$> 30$

Opatření na ochranu zemědělské půdy proti větrné erozi spočívají ve snižování rychlosti větru v přízemní vrstvě, trvalém zlepšování fyzikálních vlastností půdy, udržování vlhkosti aj. Jedná se o opatření:

- agrotechnická,
- organizační
- technická.

Agrotechnická opatření spočívají ve využívání protierozní agrotechniky, využívání posklizňových zbytků, zvyšování půdní vlhkosti a stabilizaci povrchu půdy. Organizační opatření vycházejí z protierozního rozmístění kultur, pásového pěstování plodin, speciálních osevních postupech. Technická opatření tvoří ochranné lesní pásy a různé typy protierozních zábran.

## 2.5.2 Vodní eroze půdy

Eroze půdy je celosvětový problém. V současné době je ve světě erozí zničeno 450 milionů hektarů zemědělské půdy. V ČR jsou vodní erozí narušovány pozemky již mírně svažité, ve sklonu  $4^\circ$ , při sklonu  $8^\circ$  se tvoří strže a velmi silná eroze se projevuje na sklonech nad  $12^\circ$ . Vodní eroze se vyskytuje téměř na 36 % našeho území.



K nejdůležitějším činitelům, kteří ovlivňují vodní erozi, patří klimatické, hydrologické a územní poměry (sklon, délka a expozice svahů), půdní,

geologické a hydrologické poměry, vegetace, hospodářsko-technické, hospodářsko-výrobní a biologické poměry. Nepříznivé působení dešťových srážek závisí na intenzitě dešťové srážky, vsakovací schopnosti půdy, vegetačním krytu, sklonu, erozní odolnosti půdy apod. V počáteční fázi se projevuje jako plošná eroze, při níž dochází k odnosu půdních částic, smyvu půdní vrstvy. Na terénních zlomech dochází vytvoření husté sítě úzkých rýh v půdním povrchu, vytvářejících rýžkovou až brázdovou erozi. Tento jev začne vznikat i na rovinné ploše větší délky – okolo 100m. Z této eroze se postupně vyvíjí výmlová eroze, při níž dochází ke vzniku zářezů, rýh různé hloubky až strží. Vznik takové eroze je podmíněn úrovní dna recipientu vzhledem k erodované ploše. Při proudové erozi dochází k rozrušování dna a koryt vodním proudem, vzniká tak eroze bystrinná, resp. říční. Zvláštním druhem proudové eroze je eroze způsobená vlnobitím, vytvářející na březích abrazní sruby.



***Erozi je tvarován zemský povrch do přirozeného sklonu odpovídajícímu všem podmínkám, které erozi v daném místě ovlivňují.***

Průběh erozních procesů se podle WISCHMEIERA- SMITHA cit. PASÁK (1984) vyjadřuje ztrátou půdy  $G$  za rok.

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}) \quad (8.3)$$

kde  $R$  je činitel erozní účinnosti deště,  $K$  – náchylnosti k erozi,  $L$  – činitel délky svahu,  $S$  – činitel sklonu svahu,  $C$  – činitel ochranného vlivu vegetace,  $P$  – činitel účinnosti protierozních opatření

Podrobnosti stanovení jednotlivých činitelů a jejich hodnoty pro podmínky ČR uvádějí DÝROVÁ (1988), HOLÝ (1978), PASÁK et al. (1984), ČSN 75 4500 “Protierozní ochrana půdy“ aj. *Pro vznik vodní eroze je rozhodující existence povrchového odtoku.* Všechna protierozní opatření jsou proto zaměřena na jeho snížení, popřípadě snížení jeho energie :

- zintenzivnění vsaku vody do půdy, aby nedocházelo k povrchovému odtoku, toto je nebezpečné ve svážných územích – podpora vzniku sesuvů
- zamezení možnosti soustředování povrchového odtoku do stružek jeho stálým rozptylováním,
- zpomalování povrchového odtoku, a tím i snížení unášecí síly vody.

Orientační hodnoty přípustné ztráty půdy podle ČSN 75 4500 jsou uvedené v tab. 2.7.

Tab.2.7 Hodnoty přípustné ztráty zemědělské půdy

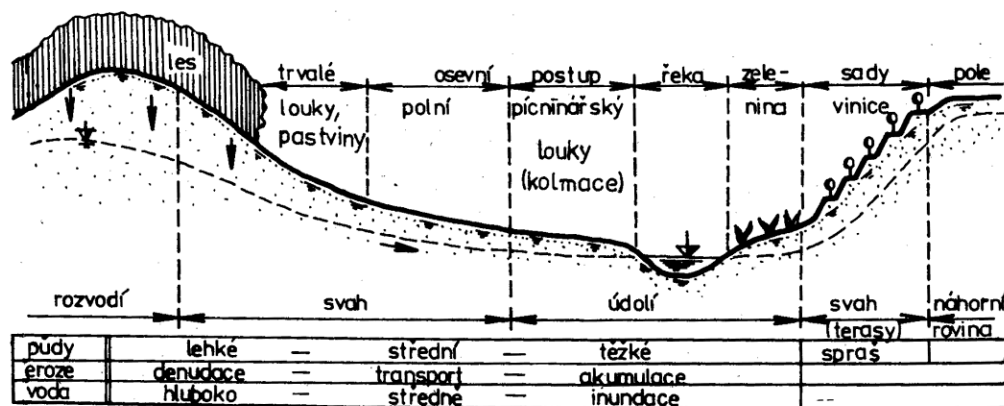
Hloubka půdního profilu (cm)	Přípustná ztráta půdy ( $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ )
do 30 (mělké půdy)	1.0
30 - 60 (středně hluboké půdy)	4.0
nad 60 (hluboké půdy)	10.0

Pozn. Tyto hodnoty se stále upřesňují.

Nejúčinnější protierozní zásahy spočívají v opatřeních, které se navrhuji v místě dopadu dešťových srážek. Energie dopadajících kapek na holou půdu způsobuje 75% rozrušení povrchu oproti 25% proudící vody po povrchu. Vsak vody obohatí půdu o vláhu, tak potřebnou v suchých krajích a zvyšuje zásoby podzemní vody. Protierozní ochrana půdy je soubor opatření. Jednotlivá opat-

ření k zeslabení nebo zamezení účinku eroze na půdu se dělí na organizační, agrobiologická, agrotechnická a technická.

**Organizační a agrobiologická opatření** spočívají v polohovém rozmístění kultur, které významně ovlivňuje velikost povrchového odtoku. V erozně ohrožených oblastech se rozmísťují kultury se záměrem zamezit povrchovému odtoku vody. Rozvodí se stabilizují lesními porosty, které zachytí převedení podstatné části vody do půdy. Zemědělské plodiny na svazích se volí v závislosti na erozní ohroženosti a sklonu. Nejprudší sklony se zatravnňují, na menších sklonech se využívá ochranný účinek vegetace, který se projevuje především ve stabilizaci povrchové vrstvy půdy, zpomalení povrchového odtoku porostem, tlumení kinetické energie dopadajících dešťových kapek a ve zlepšení půdních vlastností. Největší protierozní účinek mají vytrvalé luční porosty, nižší protierozní odolnost mají obilniny. Z hlediska protierozního jsou nevýhodné okopaniny; brázdy vedené po sklonu podporují soustřeďování vody a vznik eroze, brázdy vedené po vrstevnici odolávají sice plošnému smyvu, ale ne erozi výmolové. Z polních kultur mají nejlepší protierozní účinek víceleté pícniny. Trvalý luční porost zajišťuje zpevnění povrchové vrstvy půdy kořeny, odumřelé kořeny jsou zdrojem humusu v půdě a mají příznivý vliv na vznik drobtovité půdní struktury. Ovocné stromy a keře nemají protierozní význam. Půda pod ovocnými stromy se musí chránit výsevem směsek, nastýlkou organickými hmotami (mulčováním), zatravněním apod. Příklad polohového umístění kultur podle DÝROVÉ (1988) je uveden na obr. 2.13.



Obr. 2.13 Polohové umístění kultur v údolí v závislosti na reliéfu terénu

*Pásově pěstování* plodin spočívá ve střídání pásů plodin nedostatečně chránících půdu – např. obilnin, okopanin s plodinami, které dobře chrání půdu. Plodinové pásy se umísťují po vrstevnici. Voda odtékající po dešťové srážce z pásu nechráněného se zachytí v pásu ochranném. Šíře ochranného pásu nesmí překročit kritickou délku kdy i na něm začíná eroze.

*Tvar, velikost a poloha pozemků* (honů) v erozně ohroženém území se navrhuje podle možného stupně narušení. Pozemky se navrhuje v pásovém uspořádání nad sebou a střídají se plochy s malým ochranným účinkem s plodinami dobře chránícími půdu. Šíře pozemků nesmí překročit přípustnou mez – při sklonu 5 až 7° se délka honu navrhuje na 2 násobek šířky, při sklonu 7 až 10° hony členíme do 3 až 6 pásů, při sklonech 10 až 15° se navrhuje 3 honové dílce s mezemi. Cesty se vedou po hřbetnicích nebo v jejich blízkosti. Při větších sklonech je nutno navrhnout systém příkopů pro neškodné odvedení povrchově odtékající srážkové vody.

**Agrotechnická opatření** spočívají ve využívání protierozní agrotechniky, která zlepšuje vsakovací schopnost půdy a zvyšuje protierozní odolnost půd. Využívá se hrázkování, důlkování, mulčování, zvyšuje se obsah humusu v půdách a stabilizují půdní agregáty. Způsoby obdělávání erozně ohrožených ploch se přizpůsobuje protierozní ochraně. Při sklonu nad  $2^\circ$  se používá vrstevnicová orba. V brázdách se akumuluje voda a postupně vsakuje do půdy. Je třeba dbát na to, aby nebyly brázdy bez podélného sklonu, protože by došlo k nahromadění vody v údolnicích a protržení brázd s fatální výmolovou erozí. Na větších sklonech se používá hluboká brázdová orba, spočívající ve vyoraní hlubokých brázd na zachycení povrchově stékající vody.

*Protierozní osevňovací postupy* se podřizují potřebě ochrany půdy. Do osevňovacího postupu se zařazujeme plodiny s protierozní odolností, zejména travní a jetelotravní porosty.

Zvláštní pozornost je třeba věnovat pozemkovým a protierozním úpravám kolem vodárenských nádrží. Navržená opatření musí zajistit ochranu před půdními smyvy, které by mohly znehodnotit kvalitu vody v nádrži a vést k zanesení nádrže.

**Technické způsoby protierozní ochrany** spočívají ve výstavbě záchytných příkopů, průlehlů, odpadů a ve výstavbě teras. Záchytné příkopy slouží k zachycení povrchového přítoku vody na ohrožený pozemek, navrhují se 0,5 až 0,6 m hluboké s výškou hrázky 0,5 m, dno záchytného příkopu je vodorovné až mírně sklonité, max. 0,5 %. Záchytný příkop je ukončen stavítkem a vyústěním do odpadu (skluzu). Konstrukčně podobné uspořádání mají záchytné průlehy.

Terasy – ekonomicky nejnáročnější opatření se budují na plochách při sklonu nad  $10^\circ$ , sklon terasového svahu se volí obvykle 1:1 až 1:1,25, při použití opěrných zdí 5:1 až 12:1, zemní svahy se chrání drnem. Výška terasového stupně nemá obvykle přesáhnout 3 m, délka teras činí max. 500 m, příčný a podélný sklon nemá přesáhnout 3%. Úzké terasy jsou použitelné pro sklon původního svahu až 35%. Široké terasy se navrhují na sklonech až 25%, širší terasy až 30 m, max. sklonu povrchu terasy 6% při použití doplňkových protierozních opatření. Z důvodů ekonomické náročnosti stavby teras je třeba zvážit možnosti produkce na takto získané zemědělské půdě.

Při návrhu protierozních opatření se vychází z vyhodnocení protierozní ohroženosti spočívající v posouzení hydrologických poměrů, stanovení intenzity eroze, stanovení množství splavenin. Metody stanovení uvádí ČSN 75 4500 "Protierozní ochrana půdy".

Technická opatření proti nepříznivému působení soustředěného povrchového odtoku spočívají ve výstavbě protierozních nádrží, úpravě výmolů, strží a v hrazení bystrin. (Modul 03 Vodní stavby). Protierozní nádrže plní současně několik funkcí; zachycují přívalový odtok, akumuluje vodu a tuto pozvolně vypouštějí, a tím chrání níže ležící území před nepříznivými účinky velkých vod. Nádrže zvyšují erozní základnu a převádějí část povrchové vody do podzemních vod, zachycují splaveniny apod. Podrobnosti viz kap.2.2

*Úprava strží a výmolů* spočívá především v zachycení přítoku ke zhlaví výmolů záchytným příkopem a jeho neškodné odvedení např. skluzem mimo narušené území. Asanace spočívá v zachycení povrchového přítoku před zhlaví

vím strže, v úpravě a zpevnění svahů a dna a návrhu přehrážek, zachycující splaveniny a zmenšující podélný sklon strže. Přehrážky se budují zemní, kamenné, zděné, betonové, haťové, srubové apod. Svahy strží se zpevňují zatravněním, drnováním, oplůtky, keři a lesními dřevinami.

*Zabezpečení svahů před sesuvem* spočívá ve stabilizaci paty svahu a jeho odvodnění. Častou příčinou destrukce svahu je porucha jeho rovnováhy vznikem kluzné vrstvy uložené hlouběji pod povrchem svahu. Takovou vrstvu tvoří obvykle jílovitá zemina. Při asanaci svážných území je třeba nejprve odvést veškerou vodu, která promáčí svah. Voda se odvádí drenáží, povrchovými příkopy, podzemními štolami vedenými pod kluznou vrstvou. Po odvodnění se přistoupí k vlastní stabilizaci svahu.

*Lesotechnická protierozní opatření* tvoří souhrn biologických a technických opatření, budovaných za účelem úpravy povrchového odtoku. Provozní protierozní opatření tvoří souhrn organizačních, agrotechnických, agrobiologických a provozně technických opatření proti erozi, která jsou prováděna soustavně podle metodických pokynů, zásad a norem.

2.7 Ohrožuje vítr v ČR zemědělskou půdu a když tak jaký podíl? Je eroze jev přirozený, nebo způsobený člověkem? Jaká opatření slouží ke snížení eroze?



Literatura:

- [31] CABLÍK, J.- JŮVA, K. Protierozní ochrana půdy. Praha: SNTL, 1963. 328 s.
- [32] DÝROVÁ, E. Ochrana a organizace povodí návody ke KP. Brno: ES VUT, 1988. 190 s.
- [33] HEINIGE, V. – BACÚRIK, I. Ochrana a organizace povodí. Bratislava : ES SVŠT, 1988. 186 s.
- [34] HOLÝ, M. Protierozní ochrana. Praha: SNTL, 1978. 283 s.
- [35] KIRKBY, M.J. – MORGAN, R.P.C. Soil Erosion. Moskva: Kolos, 1984. 415 s.
- [36] PASÁK, V. a kol. Ochrana půdy před erozí. Praha: SZN, 1984. 161 s.
- [37] ROHON, P. Tvorba a ochrana krajiny. Praha: ČVUT, 1995. 183 s.
- [38] ŠÁLEK, J. Půdní hospodářství. Brno: ES VUT, 1986. 156 s.

## 2.6 Revitalizace, rekultivace a pozemkové úpravy

Hlavním úkolem revitalizace (oživení) krajiny je odstranění, resp. zmírnění dopadu negativních opatření realizovaných v krajině a obnovení její ekologické funkce. Vodní hospodářství se podílí významnou mírou na procesech revitalizace, zejména úpravou vodního režimu krajiny, revitalizací vodních toků, melioračních kanálů a opatření, malých vodních nádrží, půd apod. Zodpovědně navržené a provedené krajinné úpravy respektují její ekologické funkce.



ce a žádnou revitalizaci nepotřebují. K revitalizaci se přistupuje v případech, kdy je nějakým způsobem narušena ekologická rovnováha.

Návrh revitalizačních opatření vyžaduje zpracování všech dostupných podkladů a podrobný průzkum území. Z hlediska vodohospodářských opatření jedná se o podklady měřické s podrobným zaměřením všech objektů a zařízení, které ovlivňují návrh. Podrobný výškopisný a polohopisný plán se doplní podklady o vlastnických vztazích. Do map se zakreslí všechny druhy sítí, vegetační doprovod vodních toků, cest aj. Dalším důležitým údajem jsou hydrologické poměry klimatické (meteorologické) a průběh všech základních meteorologických činitelů, M-denní a N-leté vody, průzkum splavenin, kapacita objektů (mostních staveb) apod., dále pak inženýrsko-geologický, hydrogeologický a hydropedologický průzkum, biologický, kulturně sociální a hospodářský průzkum. Zvláštní pozornost je třeba věnovat jakosti vody, zdrojům znečištění, fyzikálním, chemickým a biologickým vlastnostem vody.

## 2.6.1 Revitalizace vodních toků a melioračních kanálů



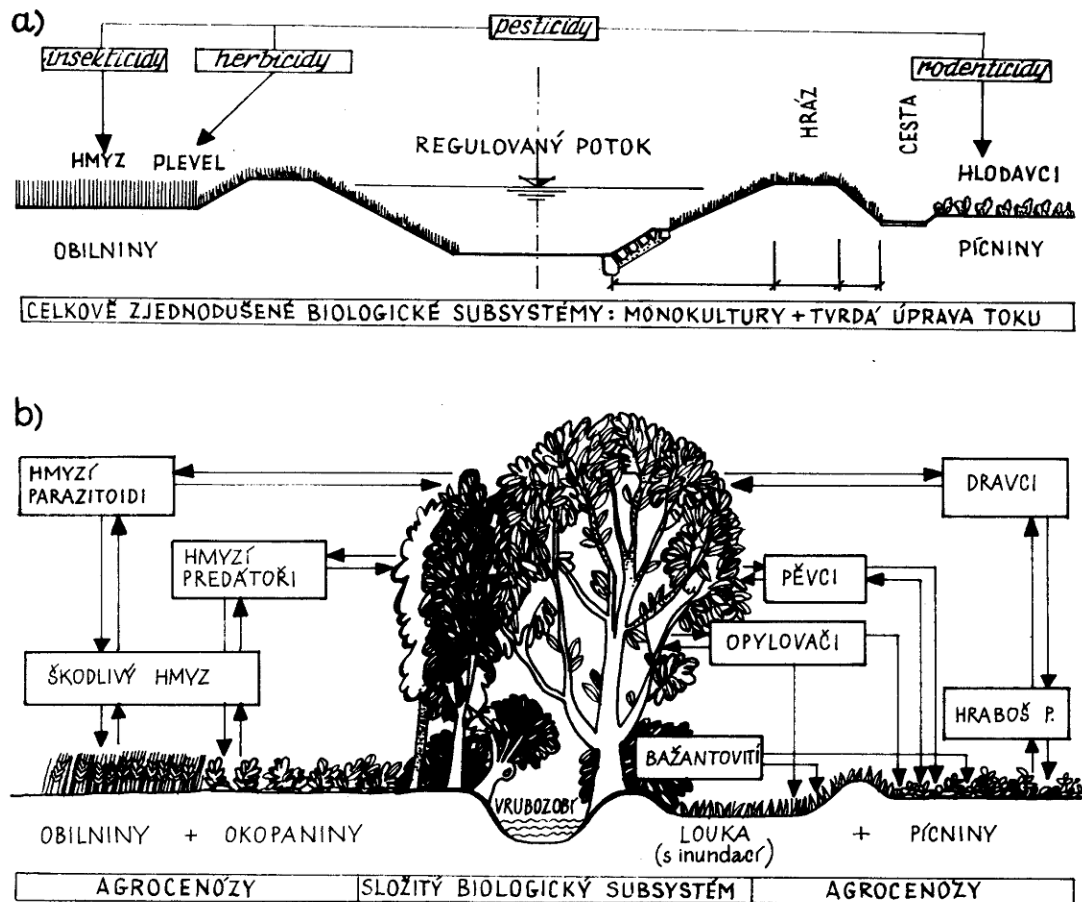
Ekologická funkce vodního toku spočívá ve vytváření podmínek ekologické stability krajiny, spočívající v zajištění podmínek pro existenci zoo- a fytoocenóz v toku a jeho okolí, v zabezpečení přirozeného odtoku a transportu splavenin, v zajištění průběhu nerušených samočisticích procesů, přirozené regulaci vodního režimu krajiny. Vodní toky jsou součástí (kostrou) ekologické stability krajiny, plní funkci biokoridoru. Důležitá je jejich funkce estetická, zejména ve spojení s doprovodnou vegetací. Nezanedbatelná je i funkce rekreační, sportovní apod.

Při běžných úpravách vodních toků se věnuje hlavní pozornost úpravě odtokových poměrů, minimalizaci negativního dopadu velkých vod, úpravě hladiny podzemních vod, způsobu vyústění dešťových vod, čištěných splaškových vod, melioračních odpadů. Úpravou se ovlivňuje vývoj koryta vodního toku a splaveninový režim, odběr vody pro různé účely a další využití vodního toku.

Revitalizace vodních toků je součástí krajinných úprav, které se přibližují přírodním podmínkám. Úkolem revitalizačních opatření je v řadě případů náprava nedostatků z předchozích úprav, kterými je narušení půdorysné členitosti vodního toku a tím i zvýšení podélného sklonu, narušení splaveninového režimu, zpevnění koryta tvrdými materiály, přílišné zahloubení koryta způsobující změnu hladiny podzemních vod, narušení vegetačního doprovodu, zornění inundace, výstavba objektů narušující migraci organismů, neúnosné znečištění vodních toků, difúzní znečištění, erozní účinky apod.

Revitalizační opatření vycházejí z průzkumových podkladů a požadavků na druh, rozsah a postup revitalizačních úprav. Při návrhu úpravy toku se stanoví návrhový průtok, např. pro louky  $Q_1$ , ornou půdu  $Q_5$ . Trasa toku se přizpůsobuje přírodním podmínkám s možností samostatného dotváření. Podélný sklon se navrhuje s ohledem na vývoj koryta, využívají se balvanité skluzy z místních materiálů. *Příčný profil koryta má mít nepravidelné přírodní uspořádání, k opevnění se využívá vegetace a místní materiály (drn, kámen, dřevo apod.).* Z objektů na toku jsou to skluzy, zpevňované prahy, stupně, kři-

žení s komunikacemi. V korytě toku se vytvářejí tůň (stabilizované výmoly), rybí úkryty a přechody apod. Příklad „tvrdého“ zemědělského využívání krajiny a jednostranně technických vodohospodářských úprav a možného stavu je na obr. 2.14. Při těchto postupech se obecně v mnohých případech snižuje stupeň ochrany přílehlých ploch k toku.



Obr. 2.14 Revitalizace toku s biologickými vazbami

Vegetační doprovod. Zvláštní pozornost je třeba věnovat návrhu vegetačního doprovodu vodních toků a melioračních kanálů; vychází se z plánů územních systémů ekologické stability, komplexních pozemkových úprav, charakteru toku, stanovištních podmínek, stávající druhové skladby apod. Má-li vegetační doprovod plnit funkci biokoridoru, lokálních ÚSES, jsou doporučené šíře vegetačního doprovodu pro lesní kultury 15m, u lučních kultur 20m. Minimální plocha lokálních biocenter u lesních a lučních porostů činí 3 ha, u mokřadů 3 až 5 ha. Při využití dřevin na ochranu břehů vysazují se tyto 0,6 až 1,1 m nad hladinou, spon se volí 1,2 až 1,8 m. Velmi důležitá je druhová skladba porostů vegetačních doprovodů. K základním dřevinám podle EHR- LICH et. al. (1996) patří olše lepkavá a šedá, jasan ztepilý, javor klen a mléč, vrba bílá a křehká. Doplňujícími dřevinami jsou lípa malolistá, habr obecný, javor babyka, dub zimní a letní, střemcha hroznovitá, třešeň ptačí. V doprovodných porostech je to jeřáb, bříza, hloh, borovice lesní, černá a blatka, smrk ztepilý a modřín evropský. Keřové patro tvoří brslen evropský, kalina planá, líska obecná, krušina olšová, ptačí zob obecný, zimolez černý aj. Bližší podrobnosti uvádějí EHR- LICH et.al. (1996).

## 2.6.2 Revitalizace malých vodních nádrží



Revitalizace malých vodních nádrží je činnost, kterou se obnovují narušené, resp. zničené základní ekologické funkce těchto nádrží. K základním revitalizačním opatřením patří:

- odstranění nežádoucích sedimentů,
- úprava dna nádrže, litorální zóny a břehů nádrže,
- vytvoření ochranných, zejména infiltračních pásů kolem nádrže,
- zapojení malých vodních nádrží do přírodního ekosystému (biocentra),
- rekonstrukce a obnova hrází a objektů na malých vodních nádržích,
- vytvoření ekologických prvků na konci vzdutí nádrže s menšími lagunami, které umožní přežití nižších obratlovců po vypuštění nádrže.

Přehled revitalizačních opatření na malých vodních nádržích je uveden podle ČSN 75 2410 v tab.2.8.

Tab.2.8 Přehled revitalizačních opatření na malých vodních nádržích a jejich účinky

Revitalizační zásah	Změny vyvolané revitalizačním zásahem	Účinky revitalizace
Odstranění sedimentů	Zvětšení akumulčního prostoru	Dosažení původních prostor
	Prodloužení doby zdržení, snížení zásoby živin v nádrži	Oligotrofizace vodního prostředí
Úprava dna nádrže	Odstranění prohlubní zaplněných organickým kalem	Snížení trofie vody a vyplavování fosforu
Úprava břehové linie	Vymezení plochy pro rozvoj litorálního pásu	Posílení ekologické funkce nádrže
	Návrh a výsadba doprovodné vegetace podle odpovídajícího vegetačního stupně	Posílení biodiverzity a lepší začlenění do krajiny
Zatravnění pásu o šířce 20 m po obvodu nádrže	Vytvoření ochranného pásu představuje bariéru před eutrofizací a zanášením nádrže	Omezení eutrofizace a zanášení nádrže
Opatření k omezení transportu sedimentů	Organizace povodí z hlediska protierozní ochrany	Posílení výše uvedených funkcí

Odbahňování malých vodních nádrží si vyžaduje jejich zanesení přítokem splavenin z povodí, břehovou abrazí, přítokem rozpuštěných látek apod. Hromadění živin v sedimentech vytváří podmínky pro eutrofizaci nádrží. Důsledkem zanášení je postupné omezování až znemožnění vodohospodářských, biologických a ekologických funkcí malých vodních nádrží.

Průzkumné práce pro návrh odbahnění se zaměřují na stanovení množství a složení sedimentů. Sondážní práce se provádějí v profilech vzdálených 20 až 50 m, situovaných kolmo na osu nádrže. Průzkum může probíhat při plném stavu i na vypuštěné nádrži. Do příčného profilu se zakreslí mocnost sedimentů. V odebraných vzorcích se stanoví zrnitostní složení, obsah organické hmoty, obsah těžkých kovů, příp. dalších polutantů. Těžba bahna se řeší těmito způsoby:

- suchou cestou na vysušené nádrži s použitím strojů pro zemní práce,
- mokrou cestou pomocí sacích bagrů, těžbou korečkovými rypadly z plovoucích pontonů,
- kombinací obou výše uvedených způsobů.

Bahno se těží po vrstvách, postupně se odtěžuje materiál stejného složení a vlastností. Těžba se ukončí 10-15cm nad původním dnem, aby se zachovala úrodnost nádrže. Vytěžené bahno se využívá k výrobě kompostů v souladu s ČSN 46 5735, pro přímou rekultivaci písčitých půd, pro rekultivaci hald, výsypek a těžbou narušených ploch, ke hnojení zemědělských a lesních půd, k zúrodnování malých vodních nádrží se sterilním dnem. Bahno použité ke hnojení, resp. k rekultivacím, nesmí zvýšit kritický obsah rizikových prvků v půdách nad přípustnou hranici (Vyhláška min. ŽP, kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu) - Sb. zákonů 13/1994 z 29.12.1993.

Zanášení nádrží se zamezí:

- úpravou a protierozní ochranou celého povodí a zejména okolí nádrže,
- vybudováním sedimentační nádrže před vlastní nádrží,
- návrhem opatření na snížení břehové abraze úpravou litorální zóny,
- odstraněním příčin eutrofizace a zarůstání nádrží biomasou,
- návrhem usměrňovacích staveb zajišťujících rovnoměrné rozdělování sedimentů po celé nádrži.

Rekonstrukci, revitalizaci a zejména odbahnění vyžaduje většina našich rybníků.

### 2.6.3 Rekultivace půd

Rekultivace půd je souborem aktivit, jejichž cílem je obnova přirozených vlastností a hodnot znehodnocené půdy. Rekultivace se uskutečňuje ve dvou na sebe navazujících etapách; nejprve nastupuje rekultivace technická a na ni bezprostředně navazuje rekultivace biologická. Rekultivace půd se dělí na:

- rekultivace (zúrodnění) lehkých písčitých půd,
- rekultivace (zúrodnění) těžkých půd,
- rekultivace (zúrodnění) půd narušených imisemi,
- rekultivace půd narušených stavební výrobou,
- rekultivace půd narušených těžbou aj. činností.

Rekultivace lehkých půd spočívá v odstranění jejich negativních vlastností, kterými jsou zejména nízký obsah humusu, nedostatek jemných prachových a jílnatých částic, malá vodní kapacita, nevhodné sorpční vlastnosti, často kyselá půdní reakce apod. Z rekultivačních opatření jedná se o slínování, kterým se dodávají do půdy jílovité částice, zelené hnojení, povážení kompostem, hlu-



boké vrstevnaté hnojení, povážení ornici ze skrývek, využíváním odpadních materiálů, jako např. stabilizovaných čistírenských kalů, hluboké vrstevnaté hnojení apod. Podrobnosti o jednotlivých metodách rekultivace písčitých půd uvádí ŠÁLEK (1986) aj.

Rekultivace (zúrodnění) těžkých a zhutnělých půd. Těžké půdy mají vysoký obsah jílnatých částic, zejména nepříznivý je vysoký obsah bobtnavých jílových minerálů, vyznačujících se malou hydraulickou vodivostí, snadno se zbahňují, bývají často oglejené s kyselou reakcí. Jedná se o půdy těžko zpracovatelné, často zhutněné těžkou mechanizací a zamokřené. Důsledkem těchto příčin je narušený vodní režim, obtížné obdělávání, snížený stupeň provzdušení a nízká mikrobiální aktivita, a tím i snížená půdní úrodnost.

Při návrhu plánů rekultivace se nejprve kategorizují pozemky podle Němce (1988) do tří stupňů:



*I. stupeň* - půdy nevyžadující mechanické kypření, narušení těchto půd se eliminuje vhodnou agrotechnikou,

*II. stupeň* - půdy středně silně narušené, vyžadující středně hluboké kypření a speciální agrotechniku,

*III. stupeň* - půdy těžké a silně zhutněné, vyžadující hloubkové meliorační kypření, diferencovanou agrotechniku a speciální osevnické postupy.

Výsledky průzkumu se zaznamenávají do hospodářské mapy 1:10 000. Výsledky se zpřesňují terénním průzkumem, který spočívá v rekognoskaci pozemku, penetrometrických měřeních, odběru neporušených vzorků půdy, stanovení hydraulické vodivosti, zpracování laboratorních šetření a vyhodnocení výsledků šetření. Kritické hodnoty pro jednotlivé půdní druhy podle Němce (1988) jsou uvedené v tab. 2.9

Návrh rekultivačních opatření vychází z kategorizace pozemků, výsledků terénního průzkumu, místních podmínek a rekultivačních technologií. Podle hloubky a způsobu kypření se použije podrývání, tj. orba s podrýváky, kterými se rozrušuje svrchní část orníční spodiny, dlátování, kterým se kypří půda do hloubky 0,45 m a hloubkové kypření do hloubky 0,6 až 0,8 m.

Tab. 2.9 Kritické hodnoty základních agrotechnických vlastností

Charakteristika	Jednotka	Půdní druh		
		jílovité	Jílovitohlinité	Hlinité
Objemová hmotnost	$\text{g.cm}^{-3}$	$\geq 35$	$\geq 1.40$	$\geq 1.45$
Penetrační odpor	M Pa	2.8 – 3.2	3.2 – 3.7	3.7 – 4.2
Půdní vlhkost	% hmot.	28 - 24	24 – 20	18 – 36
Pórovitost	%	$\leq 48$	$\leq 47$	$\leq 45$
Minimální vzdušnost	% obj.	$\leq 10$	$\leq 10$	$\leq 10$
Max. kapilární kapacita	% obj.	$\geq 35$	$\geq 35$	$\geq 35$

Přemokřená půda se odvodní. Hon vyžadující rekultivaci se zakreslí do mapy a připojí textová část, která označuje číslo a název honu, navrženou tech-

nologii apod. Potom se sestaví vhodný osevní postup s maximálním zastoupením hluboce kořenících rostlin (jetelotráv) a zpracuje se plán hnojení, plán vápnění a případné vylehčení těžkých půd vhodnými materiály.

Lesnické rekultivace území devastovaných těžbou. Lesnické rekultivaci předchází podrobný terénní průzkum pedologický, hydrogeologický, zaměření výsypky pro návrh na její úpravu. V rámci technické rekultivace se uskuteční povrchové vyrovnání výsypky, úprava jejích svahů a zabezpečení stability výsypky. Po technické úpravě se povrch výsypky nakypří a pohnojí.

V prvním roce se na výsypce pěstují luskovinoobilní směsky, které se zaorají, a tím se zlepší fyzikální a chemické půdní vlastnosti. Na takto připravenou plochu se vysázejí lesní dřeviny ve sponu 1 x 1 m, které zajistí v krátké době dokonalý kryt půdy. Při zakládání porostů se sází nejprve přípravné porosty a ty se postupně nahradí hlavními dřevinami. Druhové složení lesních dřevin vhodných na rekultivaci výsypek je uvedeno podle ŠPIŘÍKA (1992) v tab. 2.10.

Tab.2.10 Druhové složení lesních dřevin vodných pro rekultivaci výsypek

Typ terénu	Skup.	Hlavní dřevina	Pomocná dřevina	Keře
I. roviny, severní a západní svahy	1	Jasan	Olše šedá, lepkavá a bříza,	Zimolez
	2	Borovice	Jeřáb, lípa	Ptačí zob
	3	Javor mléč	Olše lepkavá, šedá, jeřáb,	Černý bez
	4	Dub červený	Jeřáb, hloh	Svída
II. jihozápadní svahy	1	Jasan	Jeřáb, olše šedá, osika	Zimolez, ptačí zob
	2	Borovice	Jeřáb, lípa	
	3	Javor klen	Jeřáb	
	4	Dub letní, zimní	Osika, hloh, lípa	
III. jihovýchodní svahy	1	Jasan	Olše šedá, bříza, javor	Brslen
	2	Javor mléč	Jeřáb, olše	
	3	Dub červený	Jeřáb, mahalebka	
IV. vlhké lokality		Olše lepkavá	Vrba, topol	

2.7 Co je předmětem revitalizací? Co jsou rekultivace?



## 2.6.4 Pozemkové úpravy

Pozemkovými úpravami v souladu se zákonem č. 139/2002 Sb. o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech a o změně zákona č. 229/1991 sb. o úpravě vlastnických vztahů k půdě a jinému zemědělskému majetku, ve znění pozdějších předpisů jsou definována práva k pozemkům, pozemky se jimi zcelují nebo dělí a zabezpečuje se jimi jejich přístupnost a vyrovnání jejich



hranic; současně se jimi vytvářejí podmínky k ochraně a zúrodnění půdního fondu, zvelebení krajinného prostředí a zvýšení ekologické stability krajiny.

Předmětem pozemkových úprav jsou všechny pozemky v určitém území bez ohledu na dosavadní způsob využívání a existující vlastnické a užívací vztahy k nim. Pozemkové úpravy se provádějí zpravidla formou komplexních pozemkových úprav. K rychlému vytvoření půdně ucelených hospodářských jednotek se pozemkové úpravy provádějí formou jednoduchých pozemkových úprav. Účastníky řízení o pozemkových úpravách jsou:

- vlastníci pozemků zahrnutých do pozemkových úprav,
- další fyzické a právnické osoby, jejichž vlastnická nebo jiná práva k pozemkům mohou být pozemkovými úpravami přímo dotčena,
- stavebník, je-li provedení pozemkových úprav vyvoláno v důsledku stavební činnosti.

Řízení o pozemkových úpravách zahajuje pozemkový úřad na návrh některého z účastníků řízení nebo z vlastního podnětu a vyrozumí o tom všechny účastníky. Řízení se musí zahájit, požádají-li o to vlastníci s nadpoloviční výměrou zemědělské půdy v katastrálním území (KÚ). Návrh pozemkových úprav zajišťují oprávněné právnické, resp. fyzické osoby.

Přípravné práce na komplexních pozemkových úpravách (KPÚ) zajišťuje okresní pozemkový úřad (OPÚ), který provede výběr katastrálního území, stanoví zásady a cíle a posoudí potřebu aktualizace bonitních půdně-ekologických jednotek (BPEJ). Podklady pro zpracování návrhu zajišťuje OPÚ, jedná se o základní geodetické a majetkoprávní podklady, územně plánovací podklady, dostupnou dokumentaci zpracovanou v daném území, okresní a lokální generely územního systému ekologické stability (ÚSES), územní plán obce, projektovou dokumentaci vodohospodářských a zejména melioračních staveb, krajinné a lesní hospodářské plány aj. Dalšími materiály jsou metodické podklady, kterými jsou ochrana zemědělské půdy před erozí, osevní postupy, pásma hygienické ochrany, klimatické a meteorologické poměry, směrný vodohospodářský plán, mapy komplexního průzkumu půd a speciální podklady týkající se cestní sítě, meliorovaných pozemků apod. Důležitým podkladem jsou podmínky dotčených orgánů státní správy a organizací. Před úvodním jednáním obdrží účastníci informace o záměrech PÚ a na úvodním jednání jsou seznámeni se způsobem zpracování.

Při vlastním průzkumu se podrobně zpracují přírodní a geomorfologické poměry (klimatické, hydrologické, pedologické), zjistí se současný stav krajiny, hospodářské využití KÚ, průzkum ekologické stability, průzkumy ochrany zemědělského půdního fondu – zejména erozní ohroženost, dopravní systém, vodohospodářské poměry aj.

Výše uvedené podklady se vyhodnotí, do návrhu pozemkových úprav se začlení závazné části územní plánovací dokumentace a určí se obvod pozemkových úprav, který se podrobně zaměří (polohopis a výškopis). Dalším důležitým dokumentem je soupis nároků vlastníků pozemků. Podkladem jsou digitalizované mapové podklady, k oceňování zemědělských pozemků se využije BPEJ, ocení se polní cesty, porosty, stavební pozemky, lesní pozemky apod.

Na tu část navazuje návrh plánu společných zařízení zaměřený na návrh optimálního prostorového a funkčního všech druhů pozemků, řešení problematiky vodního hospodářství včetně protipovodňové ochrany a ochrany vodních zdrojů, návrh opatření na zajištění ekologické rovnováhy a řešení ÚSES, řešení dopravních systémů a zpřístupnění jednotlivých pozemků.

Z návrhu společných opatření vyplývá potřebná výměra půdního fondu, který je třeba vyčlenit na řešení výše uvedených opatření. Je nezbytné vyřešit převod pozemků, aby byla zajištěna optimální funkce ekosystému, převod půd do trvalých travních porostů, lesního půdního fondu, případně změna nezemědělské půdy na zemědělskou.

Do komplexních pozemkových úprav (KPÚ) je třeba začlenit plán územního systému ekologické stability (ÚSES), pokud není, musí se zpracovat na úrovni lokálního ÚSES. Je třeba respektovat minimální velikost biocenter, maximální délky a šířky biokoridorů, umístění interakčních prvků.

Důležitou součástí návrhu KPÚ jsou opatření na ochranu zemědělského půdního fondu, ochrany před větrnou a vodní erozí - kap.2.51. a 2.5.2.

Patřičnou pozornost je třeba věnovat návrhu cestní sítě, která musí vyhovovat nejen kritériím dopravním, ale i vodohospodářským, ekologickým, půdním, estetickým a ekonomickým. Totéž platí o objektech používaných na cestní síti (propustky, mostky), cestní tělesa, zpevnění cest apod.

Návrh vodohospodářských úprav. Důležitou součástí KPÚ je návrh, revitalizace a rekonstrukce stávajících vodohospodářských úprav. Hlavní pozornost je třeba věnovat opatření ke zvýšení retenční schopnosti krajiny, úpravě hydrografické sítě, neškodnému odvedení velkých vod, návrhu, rekonstrukci a revitalizaci kanálů, vodních toků a malých vodních nádrží.

KPÚ musí respektovat zásady ochrany vodních zdrojů, především pásma hygienické ochrany (PHO). U pozemků odvodněných je třeba návrh KPÚ uzpůsobit potřebě využívání a údržby zařízení; totéž platí u pozemků s vybudovanými závlahovými stavbami.

Zvláště citlivě je třeba řešit KPÚ na plochách s protierozními opatřeními (větrolamy, terasy, zachytné kanály apod.). Společná zařízení musí být přesně vytyčená v digitální mapě a zpracována podrobná bilance plošných nároků.

Optimální prostorové uspořádání pozemků. Optimální prostorové uspořádání pozemků patří k náročným úkolům PÚ. Při návrhu se přihlíží k navržené zonaci, přání vlastníků, přiměřenosti kvality, výměry, vzdálenosti, věcných břemen apod. Po zvážení všech okolností se vypracuje předběžný návrh nových pozemků, který se projedná s vlastníky, dořeší se nesouhlasná stanoviska a návrh PÚ se předloží orgánům státní správy ke schválení.

2.8 Kde jsou uloženy záznamy o vlastnictví půdy? Řeší se pozemkové úpravy pouze ve vztahu k zemědělské půdě?



Literatura:

- [39] DUMBROVSKÝ, M.-KOLÁŘOVÁ, D. a kol. Zásady navrhování územních systémů ekologické stability v rámci procesu komplexních pozemkových úprav. Metodika 16/1995. Praha: VÚMOP, 1995. 22 s.

- [40] DUMBROVSKÝ, M.- MEZERA, J. a kol. Metodický návod pro pozemkové úpravy a související informace. Praha: VÚMOP, 2000. 189 s.
- [41] EHRLICH, P. a kol. Metodické pokyny pro revitalizaci potoků. Metodika 20/1996. Praha: VÚMOP, 1996. 72s.
- [42] GERGEL, J. a kol. Revitalizace drobných vodních toků. Metodická pomůcka. Praha: VÚMOP, 1999. 88 s.
- [43] Kolektiv autorů. Krajinné inženýrstvo. Neperiodikum č. 2. Bratislava: ÚKIS, 1996. 92 s.
- [44] LANGE, G.,-LECHER, K. Gewasserregelung. Gewässerpflege. Hamburg, Berlin : Paul Parey, 1989. 302 s.
- [45] MÍČHAL, I. a kol. Obnova ekologické stability lesů. Praha: Academia, 1992. 172 s.
- [46] ROHON, P. Tvorba a ochrana krajiny. Praha: ČVUT, 1995. 183 s.
- [47] ROSSOLL, A. et al. Schutzwasserbau Gewässerbetreuung Ökologie.. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 232 s.
- [48] ŠÁLEK, J. Půdní hospodářství. Brno: ES VUT, 1986, 156 s.
- [49] ŠPIŘÍK, F. Racionalizace lesnických rekultivací území devastovaných báňskou činností. Praha: VÚMOP, Metodika č.8, 1992, 29s.

### 3 Závěr

Meliorační stavby jak byly představeny v předchozím textu prošly zákonitě vývojem. Ten směřoval od zlepšování využívání krajiny, přes maximální využití, které je spojeno se značným omezením „přírodních“ vlivů na krajinu a je velmi drahé, až po současnou snahu o „kompromis“, který byl civilizovanou společností nazván *Trvale udržitelný rozvoj*. Řešení podle tohoto modelu by mělo přemnoženému lidskému druhu umožnit co nejdélší existenci v krajině blížící se přírodnímu stavu a přesto umožňující jak čerpat přírodní zdroje, tak chránit životy a majetek.



### 4 Studijní prameny

Za každou podkapitolou je rozsáhlý seznam použité literatury. S ohledem na stejný předmět v „denní“ formě studia byl jako základní zdroj pro tento modul a celou učební oporu použit učební text **Vodní stavitelství** autorů Prof.ing. Jana Šálka,CSc, Doc.ing. Petra Hlavínka,CSc a Doc.ing. Jana Mičina,CSc, vydaný Akademickým nakladatelstvím CERM, s.r.o. v roce 2002.

## 5 Klíč

2.1 Velký a malý.

2.2 Měření. Přímé objemově– nádoby, nepřímé měrné profily a přepady– výška hladiny a rychlost.

2.3 Zákon č. 254/2001 sb. Biologická, organizační, technická. Záchytné, odlehčovací, obvodové

2.4 Zemní hráze. Požerák. Prostor mezi dnem rybníka a dnem spodní výpustě.

2.5 Stanovištním indexem. Postřik. Mikrozávlahy. Odpadní vody.

2.6 Příčná, podélná,blesková,systematická, ojedinělá, povrchová, podzemní.

PVC, keramika. Asi 1m. Hladinu podzemních vod.

2.7 Toky, nádrže, krajina. Rekultivace spočívá v melioraci zničených přírodních ploch a jejich znovu využití.

2.8 Na Pozemkovém úřadu. Ne řeší se jimi také komplexní problémy v krajině –ÚSES, ochranná pásma vodních zdrojů atd.