



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Univerzita Jana Evangelisty Purkyně

Fakulta životního prostředí

HOSPODAŘENÍ S VODOU V KRAJINĚ

Ladislav Slavík

Martin Neruda

Ústí nad Labem

2014



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Název: Hospodaření s vodou v krajině
Autoři: doc. Ing. Ladislav Slavík, DrSc.
Ing. Martin Neruda, Ph.D.
Vědecký redaktor: doc. Ing. Jakub Štibinger, CSc.
Recenzenti: doc. Ing. Pavel Rohon, CSc.
Ing. Václav Pondělíček
Techn. redaktor: Ing. Radek Timoftej

© **Nakladatel:** Univerzita J. E. Purkyně v Ústí n. Labem, Fakulta životního prostředí

Tato publikace vznikla v rámci projektu OPVK EnviMod – Modernizace výuky technických a přírodovědných oborů na UJEP se zaměřením na problematiku ochrany životního prostředí.
Reg. č.: CZ.1.07/2.2.00/28.0205

Neprodejný výtisk

ISBN 978-80-7414-803-3 (brož.)

ISBN 978-80-7414-865-1 (online: pdf)

OBSAH A STRANA:

- 1. Úvod. /5**

- 2. Voda v krajině. /6**
 - 2.1 Vodní bohatství a význam vody v biosféře. /6
 - 2.2 Vodní útvary. /11
 - 2.3 Vodní díla. /27

- 3. Hydrologie. /66**

- 4. Vodní bilance. /78**
 - 4.1 Vodní režimy v krajině. /78
 - 4.2 Voda v atmosféře. /81
 - 4.3 Vodní režim pedosféry. 89
 - 4.4 Vodní režim rostlin – evapotranspirace. /99

- 5. Extrémní stavy vodních režimů. /92**
 - 5.1 Povodně. /92
 - 5.2 Sucho. /95

- 6. Hospodaření s vodou v povodí. /98**

- 7. Ochrana vod. /100**

- 8. Literatura. /106**

1. ÚVOD

Učební text předkládá studentům studijních programů: „**Ekologie a ochrana prostředí**“ a „**Inženýrská ekologie**“ nezbytné informace o významu hydrosféry jako významného prvku biosféry.

Skripta pojednávají o výskytu, oběhu a ochraně vodní komponenty v krajině, o zásadách racionálního hospodaření s vodou k dosažení těchto cílů:

- vytvoření trvalých podmínek pro udržitelné hospodaření s omezeným vodním bohatstvím České republiky s cílem dosáhnout soustavného dobrého stavu vod,
- vyjádřit metody ochrany vod jako složky životního prostředí, zásady ochrany povrchových a podzemních vod pro dosažení udržitelného užívání vodních zdrojů,
- kvalifikované rozhodování o stavu a ochraně vod ve vodních útvarech a vodních dílech v krajině,
- řešit způsoby ochrany obyvatel, materiálních, kulturních a přírodních hodnot před extrémními hydrologickými stavy – povodněmi a suchem, a to účinnými vodohospodářskými opatřeními.

Znalosti problematiky v oboru vodního hospodářství mají interdisciplinární charakter, bezprostředně souvisí se základními vědními obory, jakými jsou zejména: **ekologie, hydraulika, meteorologie a klimatologie, pedologie, geologie, biologie.**

Učební text je aktualizací publikací Slavík, L., Neruda, M.: Vodní režimy v krajině (2004) a Slavík, L., Neruda, M.: Voda v krajině (2007).

2. VODA V KRAJINĚ

2.1. Vodní bohatství a význam vody v biosféře.

Voda je obnovitelným přírodním zdrojem. Voda je jednou z nejrozšířenějších látek na Zemi.

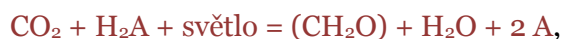
Tab. 1 Odhad rozložení zásob vody na Zemi, zdroj Water resources as a challenge of the twenty-first century, ed. By WMO, No 959, 2003

Část hydrosféry	Plocha (km ²)	Objem vody (km ³)	Procento z celkového objemu vody	Procento sladké vody
SVĚTOVÝ OCEÁN	361 300 000	1 338 000 000	96,5	-
LEDOVCE A TRVALÁ SNĚHOVÁ POKRÝVKA	16 227 000	24 064 000	1,74	68,7
PODZEMNÍ VODA	134 800 000	23 400 000*	1,7	-
- SLADKÁ		10 530 000	0,76	30,1
- SLANÁ		12 870 000	0,94	-
PŮDNÍ VLÁHA	82 000 000	16 500	0	0,05
LED TRVALE ZMRZLÝCH PŮD	21 000 000	300 000	0,02	0,86
JEZERA	2 059 000	176 400	0,01	-
- SLADKÁ	1 236 000	91 000	0,01	0,26
- SLANÁ	822 000	85 400	0,01	-
ATMOSFÉRA	510 000 000	12 900	0	0,04
MOČÁLY	2 683 000	11 470	0	0,03
ŘEKY	148 800 000	2120	0	0,01
ŽIVÉ ORGANISMY	510 000 000	1120	0	0
Celkem	510 000 000	1 386 000 000	100	100

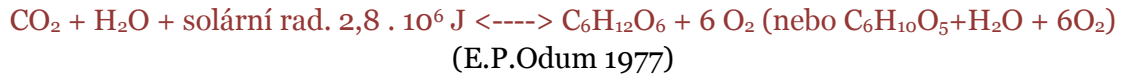
* Nezahrnuje zásobu v Antarktidě, odhadovanou přibližně na 2 000 000 km³, tj. včetně objemu sladké vody o velikosti 1 000 000 km³

Voda podmiňuje existenci živých organismů, je nezastupitelným přírodním zdrojem. Její existence je podmínkou pro přeměnu kinetické energie slunečního záření v energii potenciální – organickou hmotu, biomasu a následné fyziologické, biochemické, transportní aj. životní procesy všech živých organismů. Vody výrazně ovlivnily a soustavně ovlivňují morfologické procesy, které mění zemský proces, utvářejí reliéf krajiny. Voda je i surovinou pro člověka pro naplňování jeho nezbytných potřeb.

Krajinný ekosystém je odvislý od přísunu primární energie, které se děje pomocí fotosyntézy. Fotosyntéza se dá v zelených organismech zjednodušeně vyjádřit následovně



příčemž pro zelené rostliny A = kyslík (O). Pro bakteriální fotosyntézu není H₂O vodou, ale některá jiná sloučenina, např. sloučenina síry, jako H₂S. Takovouto fotosyntézou se neuvolňuje kyslík. Nejobecněji platí, že fotosyntéza u vyšších zelených rostlin probíhá podle schématu:



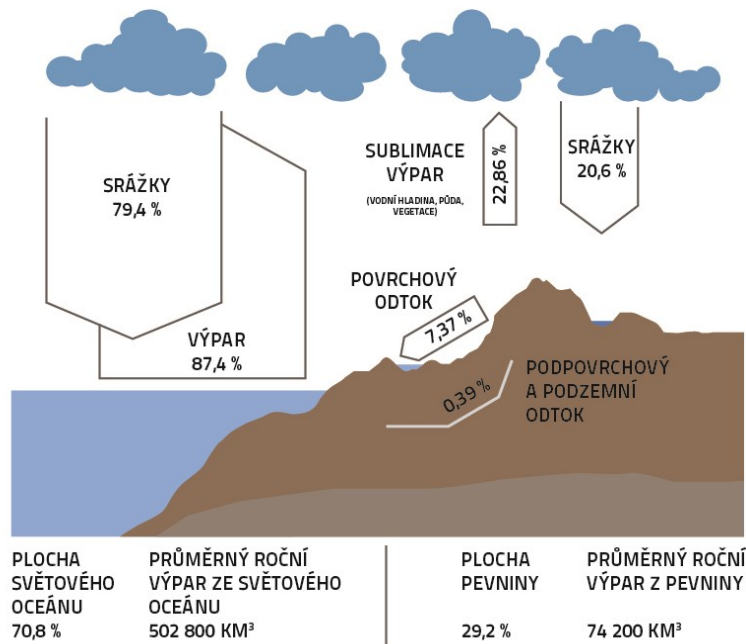
Z této rovnice vyplývá, že jediný člen této rovnice, voda, je v krajinném ekosystému ovlivnitelný rozhodujícím vlivem člověka a jeho činností.

Obsah CO₂ v atmosféře člověk ovlivňuje antropogenní činností, ale jakékoliv emitované množství fotosyntézu neovlivní, protože základní množství, které zelené rostliny potřebují, je vždy k dispozici.

Solární radiace (2,8 . 10⁶ J) je ovlivňována rovněž činností člověka, ale ať je znečištění atmosféry jakékoliv, vždy je potřebné množství solární radiace (nemusí být přímý přísun slunečních paprsků, stačí rozptýlené světlo) pro asimilaci k dispozici.

Voda je sice vždy přítomna v podobě vodních par, ale to je nedostatečné. Většina zelených organismů potřebuje vodu především jako transportní medium pro živiny. Nejde jenom o ovlivňování kvality vody, ale také o její kvantitu. Neboť problematické jsou nejen období, kdy vody je nedostatek, ale také období, kdy vody je přebytek (E. P.Odum 1977). Tato krátká úvaha potvrzuje, že voda je velmi významnou složkou životního prostředí a je potřeba jejímu ekosystému věnovat mimořádnou pozornost.

OBSAH VODY NA ZEMI



Obr. 1 Obsah vody na Zemi

Voda se na Zemi nachází ve všech třech skupinách – v plynném, kapalném i pevném. Základní charakteristikou vody je její proměnlivost a pohyblivost. Oběh vody se děje v rozličných časových a prostorových měřítcích, ve všech sférách zemského systému. Voda je integrujícím článkem všech procesů, které probíhají v systému: **atmosféra – hydrosféra – pedosféra – litosféra**.

Voda je předpokladem pro dynamický vývoj celé biosféry. Voda významně určuje a soustavně ovlivňuje vlastnosti dotčených krajinných prostor. Plní přesně vymezitelnou krajnotvornou funkci. Obsah vody v krajině s rozdílnými charakteristikami vymezuje klimatické zóny, determinuje způsoby využívání krajiny a diferencovanou existenci ekosystémů. Výskyt vody na Zemi je velmi variabilní v prostoru i čase.

Zdroje sladké vody jsou limitovány zejména dostupností vod v množství a kvalitě, místem potřeby a časem. Prokazuje se nevratný úbytek vody v různých částech světa. Voda představuje zdroj místně i časově omezený a vyčerpateľný. Dostupná sladká voda na Zemi činí pouhých 0,3 % z celkového objemu a tyto zásoby jsou prostorově velmi nerovnoměrné. Skutečností je, že k 60 % přírodních zdrojů sladké vody má přístup pouze 9 států světa (Brazílie, Čína, Indie, Indonésie, Kanada, Kolumbie, Peru, Rusko a USA).

Již od poloviny 20. století se projevuje nedostatek vody, tj. stav, kdy dostupné množství vody nestačí pokrývat oprávněné požadavky. Nyní vodní stres postihuje cca 40 % obyvatel ve více než 80 zemích. Podle doporučení WHO má mít každý člověk denně k dispozici minimálně 20 litrů vody. Globální nároky na vodu se soustavně zvyšují asi o 2,5 % ročně.

Tající ledovce, přívalem deště a povodňové situace, nedostatek vody a sucha, jsou důsledkem změn dlouhodobého režimu počasí. Předpokládá se a již se projevuje zvýšený výskyt extrémních stavů – povodní i sucha.

Význam vody pro život člověka je znám od samého počátku lidské civilizace. Přístup lidstva k vodě byl základem vzniku, rozvoje, ale i zániku dávných kultur.

Význam vody lze vyjádřit jejími základními funkcemi:

Biologická funkce vody je základem pro tvorbu biomasy a v konečném hodnocení pro zajištění výživy lidstva. Voda je základní složkou biomasy všech živých buněk, zajišťuje veškeré biologické procesy v živých organismech. Pitná voda je nenahraditelnou potravinou lidí a suchozemských živočichů.

Zdravotní funkce vody umožňuje zajištění osobní a veřejné hygieny člověka. Patří mezi nezbytné potraviny, léčivé a minerální vody poskytují příjem potřebných látek pro uchování a zlepšení zdravotního stavu. Voda je médiem, využívaným k topení a odstraňování nečistot.

Rekreační funkce vody poskytuje lidem provozování vodních sportů, aktivní odpočinek, regeneraci životní vitality a energie člověka.

Kulturní a estetická funkce vody se projevuje již v procesu ochrany a tvorby krajiny, ochrany přírody a životního prostředí. Příznivě působí v architektuře sídel. Je součástí revitalizačních a rekultivačních opatření v krajině. Voda byla a je nositelem kultury.

Funkce hospodářská. Voda je potřebnou surovinou pro rozvoj národního produktu, pro podnikatelské aktivity téměř ve všech odvětvích zemědělství, průmyslu a služeb. Voda je i prostředím pro chov ryb a vodní drůbeže.

Energetická a transportní funkce vody. Kinetická energie vody umožňuje pružně vyrábět silovou energii. Vodní toky a plochy vodních zdrží, jsou prostorem pro vodní plavbu a přemisťování hmot (př. plavení dřeva).

Krajinotvorná a environmentální. Voda v krajině tvoří nenahraditelné bohatství přírody. Vodní útvary jsou řazeny mezi významné krajinotvorné prvky, které přímo vytvářejí podmínky pro existenci a vývoj ekosystémů vázaných na vodní prostředí. Voda v krajině významně ovlivňuje všechny prvky biosféry. Působí jako termoregulační systém v krajině.

Politická a vojensko-strategická funkce vody. Hranice povodí řek nerespektují historicky či politicky vytvořené hranice států. Vodní bohatství sousedních států bezprostředně ovlivňuje jejich vodní hospodářskou a vojensko-strategickou politiku. Spory o přístup k existenci potřebné vodě byly a jsou příčinou lokálních i rozsáhlých konfliktů, zvláště v oblastech s napjatou bilancí využitelných vodních zdrojů. Vodní politika příhraničních toků je součástí mezinárodní politiky států. V ČR existuje Komise pro hraniční vodní toky se všemi sousedními státy (Německo, Polsko, Slovensko, Rakousko).

Hodnocení funkcí vody s cílem zabezpečit:

- princip integrované ochrany a využití vodních zdrojů,
- maximální přístup lidí k dobré vodě,
- princip udržitelného vodního bohatství,
- zachování dobrého stavu vod,
- systematická, účinná a ekonomicky výhodná ochrana životů, majetku a přírodních prvků před extrémními jevy, vyvolávanými přebytkem i nedostatkem vody jako přírodního živlu.

Základním principem je, že vodu jako složku přírodního prostředí nelze vlastnit, ani nelze z jejího užívání nikoho vyloučit. Cílem je zachování nebo zlepšení dobrého stavu vod.

Vodní bohatství tvoří vodní zdroje a ostatní vody přímo nevyužívané. Obsahuje veškeré zásoby povrchových a podzemních vod na území. Do vodního bohatství se nezahrnuje voda vázaná fyziologicky nebo chemicky v atmosféře a biosféře (konstituční voda aj.).

Vodním zdrojem jsou povrchové a podzemní vody využívané nebo využitelné pro krytí prokázaných potřeb.

Ostatní vody, které se nezahrnují do vodních zásob, jsou vody v mokřadech, močálech, tůňích a mrtvých ramenech řek, rozptýlené zásoby podzemní vody, půdní voda.

Prostředím vody jsou všechny přírodní útvary, přirozené, upravené a doplněné o vodní díla pořízená v uživatelských systémech vod. Prostředí vod má charakter nemovitosti a je předmětem vlastnictví.

Vodní bohatství na ploše tří hlavních úmoří dotovaných hlavními toky – Labem, Odrou a přítokem Dunaje – řekou Moravou, je výhradně obnovováno vodou z atmosférických srážek. Výskyt a úhrny srážek mají nahodilý charakter, což určuje variabilitu hodnot vodního bohatství nejen na povodí těchto toků, ale i na povodích drobných vodních toků.

Proměnlivost hodnot vodního bohatství na území České republiky, obnovitelných vodních zdrojů, je doloženo na příkladu ročníků s mimořádným průběhem meteorologických podmínek v tab. 2

Tab. 2 Obnovitelné vodní zdroje v letech 1999 – 2012 v mil. m³ (Zpráva o stavu vodního hospodářství ČR, Ministerstvo zemědělství ČR)

Položka/rok	Roční hodnoty									
	1999	2002	2003	2004	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Srážky	49291	71298	40695	53629	59544	48818	58676	68692	49449	54812
Evapo-transpirace	35381	48533	29319	41473	46194	37394	44090	46824	35511	42239
Roční přítok ¹⁾	550	1341	524	640	637	462	714	781	482	492

Roční odtok ²⁾	14460	24106	11900	12796	13987	11886	15300	22649	14420	13065
Spolehlivé zdroje povrchových vod³⁾	4875	6506	3758	4270	4673	4503	5112	8788	5770	5195
Využitelné zdroje podzemních vod	1390	1625	1195	1224	1244	1209	1266	1594	1340	1311

1) Roční přítok na území ČR z okolních států

2) Roční odtok z území ČR

3) Určuje se jako průtok v hlavních povodích s 95% zabezpečeností

2.2. Vodní útvary

Veškeré vody, soustředěné v přirozeném, upraveném i umělém prostředí na ploše jednotlivých hydrologických povodích, se vyskytují v charakteristických vodních útvarech. Přímo ovlivňují veškeré hydrologické procesy a projevy na ploše dotčeného povodí.

Vodní útvar je základní jednotkou pro výkon správy, plánování a užívání vod a řízení vodního hospodářství v hlavních povodích i na povodích drobných vodních toků. Vodní útvar je jednotkou pro zjišťování a hodnocení stavu vod, plánování v oblasti vod a racionální nakládání vodami a pro jejich ochranu, vedoucí k zachování, respektive úpravě dobrého stavu vod dle požadavků Rámcové Směrnice o vodní politice Evropského parlamentu a Rady číslo. 2000/60/ES.

Definici pojmu vodních útvarů vyjadřuje „vodní zákon“ (č. 254/2001 Sb. ve znění zák. č. 150/2010 Sb.).

Vodním útvarem je vymezené významné soustředění povrchových nebo podzemních vod v určitém prostředí charakterizované společnou formou jejich výskytu nebo společnými vlastnostmi vod a znaky hydrologického režimu. Vodní útvary se člení na útvary povrchových vod a útvary podzemních vod.

Útvar povrchové vody je vymezené soustředění povrchové vody v určitém prostředí, např. v jezeru, ve vodní nádrži, v korytě vodního toku a v dalších přirozených nebo umělých útvarech. K povrchovým vodám patří vody na zemském povrchu v kapalném a pevném skupenství, i voda veškerých přirozených srážek. Jedná se o vody ve vodních tocích, vodních nádržích, v přirozených i umělých prohlubních a v jezerech. Povrchovými vodami nejsou vody odebrané uživatelskými systémy.

Útvary povrchových vod se člení na útvary přirozené a útvary silně ovlivněné, které mají lidskou činností významně změněný charakter a hydrologické parametry. Jsou to útvary řazené do kategorie „**vodní dílo**“ a „**umělé vodní útvary**“. Umělý vodní útvar nevznikl vlivem přímé fyzické změny, ani přeložením, napřímením nebo doplněním stávajícího vodního útvaru, ale jen lidskou činností pro naplnění konkrétních potřeb uživatelů vod.

Na území ČR jsou pouze tři umělé vodní útvary: Zlatá stoka, Nová řeka a Podkrušnohorský přivaděč vody.

Útvar podzemních vod. Útvary podzemní vody, hydrogeologické rajóny, představují akumulaci infiltrované povrchové vody pedosférou a litosférou. Podzemní vody se přirozeně vyskytují pod zemským povrchem v pásnu nasycení. Plně vyplňují horninové i půdní prostředí, vytvářejí měřitelnou hladinu podzemních vod. Dynamika zásob je závislá na srážkových poměrech na ploše infiltrační oblasti v povodích. Útvary podzemní vody jsou vymezeny soustředěním podzemní vody v příslušných kolektorech, tj. v horninové vrstvě nebo souvrství hornin s odpovídající propustností. Vytváří se propojená akumulace podzemních vod, její proudění. Do útvaru podzemních vod patří i vody protékající podzemními drenážními systémy, voda ve studních a vrtech. Podzemní voda se nachází na úrovni zvodní a nepropustných vrstev. Podzemními vodami nejsou vody odebrané. Nakládání s podzemními vodami vyžaduje přednostní využívání zdrojů pro zásobování obyvatel pitnou vodou. Hydrogeologický rajon je vymezen z hledisek hydrogeologických jako celek, ve kterém se utváří jednotný oběh vody určitého typu a jakosti vod. Je základní jednotkou pro bilanci zdrojů podzemních vod a je vyznačen v mapových podkladech a v GIS.

Vodní útvary mají vždy významnou krajinnotvornou hodnotu. Jsou hodnoceny a chráněny jak z hlediska vodního hospodářství, tak z hlediska tvorby a ochrany krajiny. Vodní útvary povrchových vod jsou vymezeny do kategorií tekoucích povrchových vod a vod stojatých.

Sleduje se vodohospodářský i environmentální stav vod a jejich vývoj. Každé povodí má specifické, převážně neopakovatelné poměry.

Posuzuje se hodnocení stavu vod, které slouží k udržení či zlepšení ekologického nebo chemického stavu povrchových i podzemních vod.

Ekologickým stavem vod se rozumí vyjádření struktury, funkce a vývoje vodních ekosystémů vázaných na vodní prostředí. U podzemních vod se hodnotí kvantitativní a kvalitativní stav.

Dobrá chemická stav povrchových vod odpovídá stavu, při kterém koncentrace znečišťujících látek nelimituje vývoj ekosystémů. Docílení dobré environmentální kvality vody je cílem ochrany životního prostředí ve všech prvcích vodních útvarů a je kvantifikováno přípustnou koncentrací látek ve vodě, sedimentech a organizmech. Je to taková voda, která neohrožuje lidské zdraví a vývoj ekosystému.

V povodí se nacházejí základní a související vodní útvary povrchových vod, které jsou vázány na konkrétní klimatickou oblast, hydrologickou bilanci vodního režimu a způsoby hospodaření a využívání plochy povodí.

Základním a prakticky jediným zdrojem vod na ploše všech povodí na území České republiky jsou přirozené srážky.

Zásoby vody v atmosféře, tvorba srážek, jejich využití a rozdělení, určuje tvorbu a dynamiku vodních zásob ve všech vodních útvarech. Variabilita výskytu atmosférických srážek a jejich časové rozložení je určující pro dynamiku vodního bohatství a zásobu vod ve vodních útvarech. Tyto parametry jsou předmětem měření a analýz klimatologické a meteorologické služby Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ).

Vznik, vývoj a parametry povrchové vody lze sledovat od prvotního vodního útvaru – vývěru podpovrchové (hypodermické) a podzemní vody na zemský povrch v pramenné oblasti, nebo přechodem plošného povrchového odtoku, ronů, po svazích od rozvodnice k údolnici do odtoku soustředěného v korytě toku. Doprovodnými vodními útvary vodních toků jsou zejména vodní nádrže, tůňe, slepá ramena toků a mokřady.

VODNÍ ÚTVARY TEKOUČÍCH VOD.

Prameny

Prameny jsou přirozené vývěry podpovrchové (hypodermické) a podzemní vody na zemský povrch. Vznik pramene závisí na geologických, tektonických, hydrogeologických a orografických podmínkách. Prameny se rozlišují podle původu a způsobu vzniku.

Prameny vznikají na výchozech nepropustných vrstev půd a hornin, na puklinách a zlomech horninového prostředí až k zemskému povrchu. Prameny mohou mít i skrytou podobu, když podzemní voda vyvěrá přímo do koryta vodního toku nebo vodní nádrže. Vývěr hypodermického odtoku se projevuje i ve svahu na ploše povodí, když nepropustná vrstva půdy přechází na zemský povrch. Jedná se převážně o plošný vývěr, kde nelze jednoznačně vyznačit místo pramene toku. Každý pramen má své vlastnosti ekologické i hydrologické. Prameny mají kolísavou vydatnost závislou i na krátkodobé hydrologické bilanci. Většinou se vyskytují prameny trvalé. Periodicky občasné prameny vyvěrají s termínovou periodičností, případně i v nepravidelných intervalech. Vydatnost pramenů souvisí se základním odtokem podzemní vody. V případě vývěru napjaté (artézské) vody má pramen charakter gejzírů a vyvěrá pod tlakem na povrch terénu. Většinou mají prameny teplotu vody závislou na fyzikálních vlastnostech podzemní i podpovrchové vody. Při teplotě vody do 20° C se jedná o prameny studené, při vyšší průměrné teplotě do 37° C jsou to prameny vlažné (hypotermální), při teplotě do 50° C se označují jako teplice, (teplé, termální) a při teplotě nad 50° C se jedná o vřídla (termy).

Hydrogeologická charakteristika způsobů vývěru podzemní vody, základního odtoku:

a) výstupný pramen:

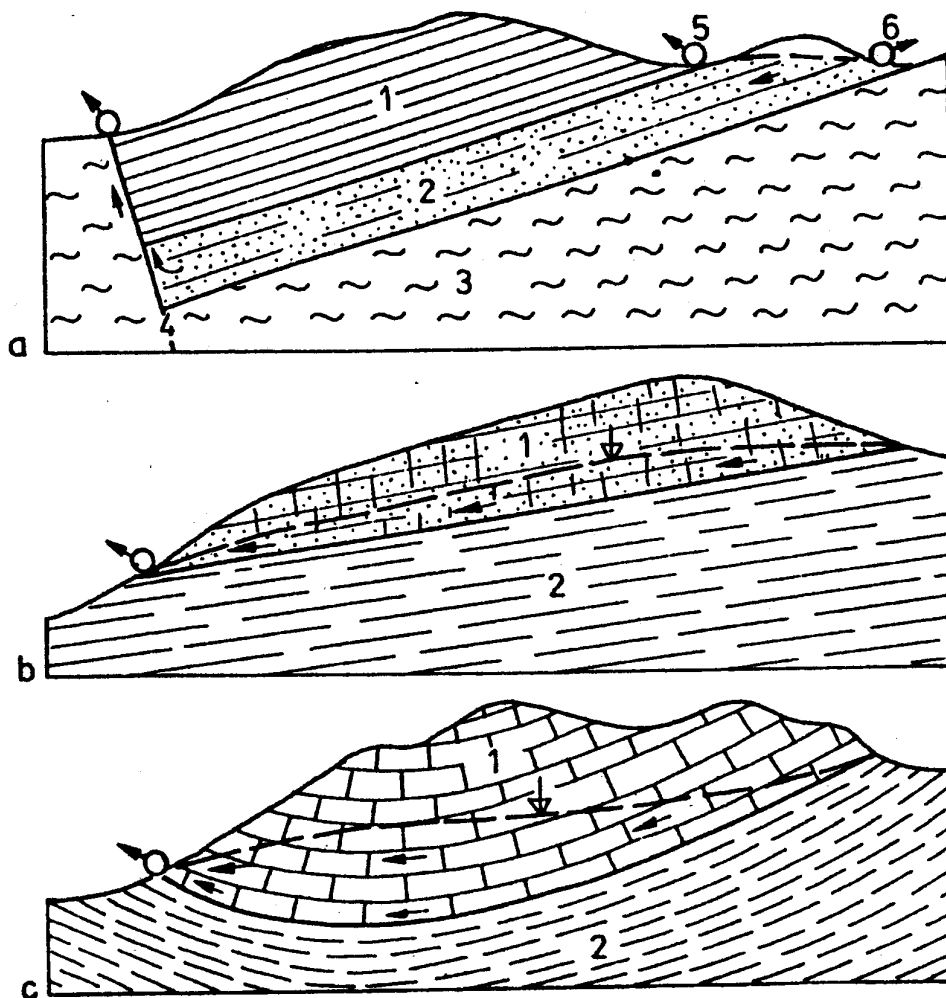
- 1-nepropustný slínovec,
- 2-propustný pískovec,
- 3-nepropustná rula,
- 4-propustný zlom,
- 5, 6-občasné prameny.

b) sestupný pramen:

- 1-propustný pískovec,
- 2-nepropustný slínovec

c) přelivný pramen:

- 1-propustný vápenec,
- 2-nepropustná břidlice



Obr. 2 Prameny podle směru proudění vyvěrající vody (Šilar, 1996)

Prameny jsou významným krajinným prvkem. Ekologická klasifikace pramenů zná tři základní typy.

Rheokren – výstupní pramen - voda vyvěrá na povrch a bez většího zdržení odtéká strůvkou do nejbližšího vodního toku. Tyto prameny bývají velmi vydatné. Voda si udržuje po dlouhou trať toku vlastnosti svého zdroje, např. nízkou teplotu a chemické složení (krasové a ledovcové vody).

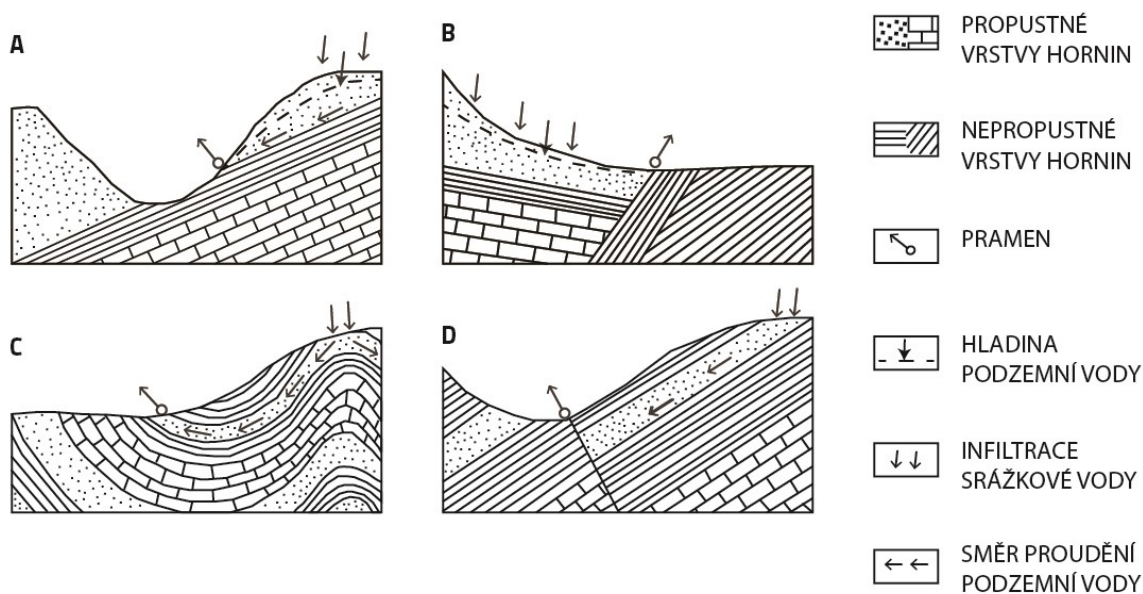
Limnokren – pánevní pramen (studánka, pramenná tůňka) - podzemní voda se nejdříve shromažďuje v přirozené prohlubni nebo v umělé nádržce, z níž přetéká do strůžky. Delší doba zdržení a případně větší osvit mohou poněkud zvýšit teplotu vody a umožnit růst vegetace. Prohlubeň může mít rozlohu až malého jezírka, v němž mohou žít ryby. Jsou častým typem pramene.

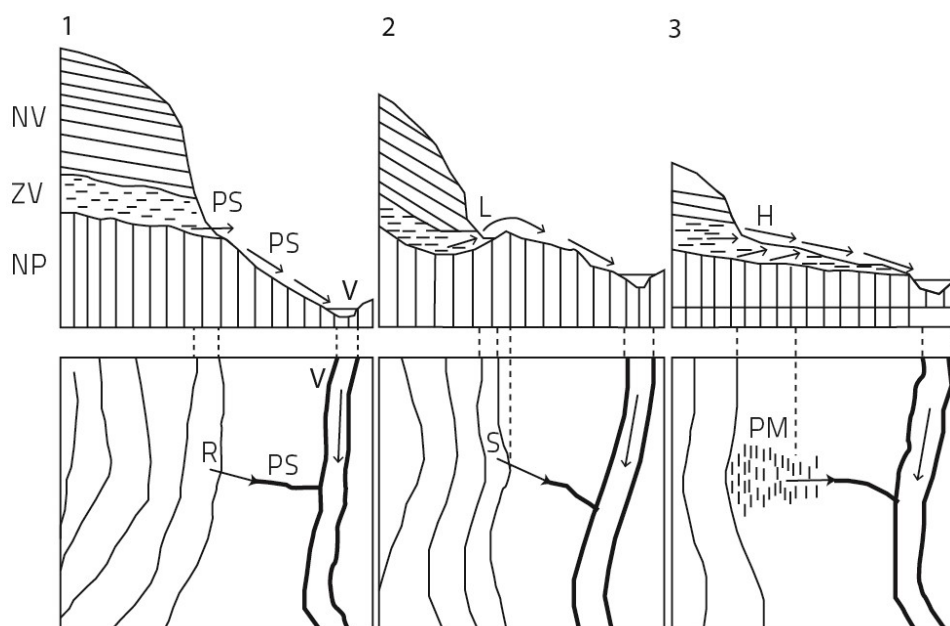
Helokren – mokřadní pramen - vzniká nad mělkou podzemní i podpovrchovou vodou, která vyvěrá na povrch, kde vytváří mokřad s malým nebo nepatrným množstvím vody a s příslušnou mokřadní vegetací. Objevují se na svazích, často i ve vyšších polohách blízko rozvodnice. Určující je poloha nejvýše položené nepropustné vrstvy, první zvodně. Pramenná strůžka odvodňující pramen se obvykle vytváří až po určité vzdálenosti od mokřadu,

prameniště. Tento typ pramene je velmi častý a tvoří většinu povrchových pramenných toků. V minulosti byla některá plošná prameniště nevhodně odvodňována.

Ke specifickému typu pramenných oblastí vodních toků, kde nelze jednoznačně určit místo vzniku toku, patří plochy rašelinišť, které se nacházejí na náhorních plošinách hor (Šumava, Krkonoše, Jeseníky, Beskydy, Krušné hory) a kde pramení největší české řeky. Každý pramen, každé prameniště je přirozeným fenoménem, který vyžaduje soustavnou ochranu vydatnosti a jakosti vody, a to jak z hlediska ochrany přírody, tak i z potřeb vodohospodářské soustavy. Mnoho pramenů a pramenišť je využíváno pro jímání pitné vody pro skupinové zásobování obyvatel kvalitní pitnou vodou. To v mnoha případech vedlo k snížení hladiny podzemní vody a k snížení vydatnosti až k vysušení jednotlivých pramenů.

Obr. č. 3. Ekologická charakteristika pramenů (Kubíček, F., 2011).





Obr. 4 Prameny podle plnění podzemní vodou.

Legenda:

- 1 – Výstupní pramen – rheokren (NV – nadložní vrstva, ZV – zvodnělá vrstva, NP – nepropustné podloží, PS – pramenná stružka, V – vodní tok),
- 2 – Páněvní pramen, limnokren (S – studánka),
- 3 – Mokřadní pramen – helokren (PM – pramenní mokřad).

Vodní toky

Dle vodního zákona vodní tok zahrnuje povrchové vody tekoucí vlastním spádem v korytě trvale nebo po převažující část roku, a to včetně vod v nich uměle vzdutých. Jejich součástí jsou i vody ve slepých ramenech a v úsecích přechodně tekoucích přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo zakrytými úseky. Podle stavu se rozdělují toky na přirozené vodní toky, umělé a upravené toky. Vodárenský tok je určený jako zdroj vody k hromadnému zásobování obyvatelstva pitnou a užitkovou vodou. Vodní cesta je vodní tok, po kterém je možné provozovat pravidelnou lodní dopravu. Tok, nebo úsek jeho koryta, kterým probíhá státní hranice, je hraničním tokem. Vodní toky jsou předmětem správy. Toky se člení na významné vodní toky a drobné vodní toky. Seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků, stanovuje Ministerstvo zemědělství ve spolupráci s Ministerstvem životního prostředí vyhláškou.

Vodní tok představuje složitý ekosystém, zahrnující jednak složku vodního prostředí, tj. koryto a vodní prostor, a jednak složku suchozemskou, kterou tvoří doprovodné porosty a navazující niva. Základní charakteristikou přirozeného průběhu dna koryta toku v podélném i příčném směru je střídání výmolů a brodů. Utváření dna koryta určuje vlastnosti biotopu vodního prostředí toku. Uplatňuje se především průběh povrchu dna – morfologická členitost, výskyt tůní, proudových stínů a úkrytů, struktura a mocnost dnové vrstvy, oživení bentickými organismy. Rozdílnost přírodních podmínek biotopů tekoucích vod vyjadřují tzv. rybí pásma, která vymezují životní prostředí vhodná pro určitý druh ryb. Vodní toky a přiléhající niva patří k hlavním krajinným prvkům. Tvoří kostru

krajinného ekosystému. Jsou výsledkem dlouhodobého působení prvků krajinného prostředí. Drobné vodní toky tvoří základní část říční soustavy České republiky. Podle údajů Ministerstva zemědělství je na území ČR 105 388,1 km vodních toků, z toho 89 119,1 km v kategorii drobný vodní tok.

Drobné vodní toky se člení dle TNV 75 2102 na kategorie:

Kategorie 1 – Pramenné pásmo - plocha povodí menší než 1 km²

Kategorie 2 – Potoky - plocha povodí větší než 1 km²

A – Potoky nížin

- Q_{330d} menší než 0,2 m³.s⁻¹
- Nadmořská výška do 350 m n. m.
- Střední sklon do 2 ‰
- Sklon toku vyrovnaný, ustálený podélný profil
- Transport písku, hlinitých a jílovitých splavenin
- Rybí pásmo cejnové, od 200 m n. m. parmové
- Základní druhy ryb: cejn velký, plotice obecná, štika obecná, jelec jesen, jelec tloušť, parma obecná
- Rychlost proudění vody do 0,3 m.s⁻¹ při normálních průtocích v brodech, při průtoku velké vody do 1,5 m.s⁻¹
- Charakteristika koryta: hlinité až písčité dno, bahnité úseky, koryto málo členité s malým množstvím úkrytů, meandrující trasa, porosty vodních rostlin

B – Potoky pahorkatin

- Nadmořská výška 200 až 600 m n. m.
- Střední sklon toku 2 až 10 ‰
- Sklon toku velmi proměnlivý
- Transport štěrku, písku a hlinitých splavenin
- Rybí pásmo parmové
- Základní druhy ryb: parma obecná, jelec tloušť
- Rychlost proudění vody do 0,4 m.s⁻¹ při normálních průtocích v brodech, při průtoku velké vody do 2 m.s⁻¹
- Charakteristika koryta: písčité dno s hlinitými až bahnitými úseky v tůních a se štěrkovými brody, v tůních porosty vodních rostlin

C – Podhorské potoky

- Q_{330d} menší než 0,2 m³.s⁻¹
- Nadmořská výška 200 až 600 m n. m.
- Střední sklon toku 5 až 10 ‰
- Sklon toku vyrovnaný, ustálený podélný profil
- Transport valounů, štěrku a písku
- Sedimentace valounů a štěrku, místní akumulace písku
- Rybí pásmo lipanové až pstruhové
- Základní druhy ryb: lipan podhorní, pstruh obecný
- Rychlost proudění vody 0,8 až 1 m.s⁻¹ při normálních průtocích v brodech, při velké vodě do 2 m.s⁻¹
- Charakteristika koryta: brodové až přejezdné úseky se štěrkovým dnem a s valouny, střídání delších brodových úseků s nepravidelnými tůněmi s písčitým dnem, štěrkové lavice a písčité akumulace, nevýrazná členitost koryta

D – Horské potoky

- Nadmořská výška nad 500 m n. m.
- Střední sklon toku 10 až 30 ‰
- Sklon toku proměnlivý, neustálený podélný profil s občasnými změnami
- Transport valounů, štěrku a písku
- Sedimentace valounů, štěrkové lavice, místní písčité akumulace
- Rybí pásmo pstruhové, základní druh je pstruh obecný
- Rychlost proudění vody 1 až 1,5 m.s⁻¹ při normálních průtocích v brodech, při průtoku velké vody do 2,5 m.s⁻¹
- Charakteristika koryta: štěrkové dno s valouny až balvany, drobné nepravidelné výmoly, stupně v niveletě dna tvořené akumulacemi valounů, štěrkové lavice, drobné písčité akumulace, kamenité břehy s četnými nátržemi, koryto značně členité

E – Bystřiny

- Plocha povodí menší než 35 km²
- Nadmořská výška nad 200 m n. m.
- Střední sklon dna toku přes 30 ‰
- Sklon toku velmi proměnlivý, neustálený podélný profil s častými změnami, velká rozkolísanost průtoků
- Transport splavenin větších velikostí
- Sedimentace balvanů a valounů, štěrkové lavice, drobné písčité akumulace
- Rybí pásmo pstruhové, základní druh je pstruh obecný
- Rychlost proudění vody 1 až 1,5 m.s⁻¹ za normálních průtoků, za průtoku velké vody do 3,5 m.s⁻¹
- Charakteristika koryta: kamenité až balvanité dno, štěrkové a písčité akumulace, četné akumulace valounů až balvanů tvořící stupně nivelety, četné nepravidelné výmoly malých rozměrů pod stupni a za balvany, kamenité až balvanité nepravidelné břehy, koryto značně členité, velké množství proudových stínů a úkrytů.

Úpravy drobných vodních toků.

K základním funkcím vodního toku patří:

- Krajinnotvorná a estetická funkce, tok tvoří přirozený základ kostry ekologické stability. Koryto toku je přirozeným biokoridorem vodního biotopu a příbřežní zóny. Součástí toku je doprovodný břehový porost a přilehlá niva.
- Biologická funkce, která spočívá ve stanovištních podmínkách ekosystémů vázaných na vodní prostředí.
- Hydrologická funkce toku zajišťuje odvedení celkového soustředěného odtoku z plochy povodí. Využívá přirozený transport rozpuštěných látek a plavenin z plochy povodí. Hydrologické funkce toku vycházejí z konkrétních vlastností povodí, pro každý tok jsou ojedinělé.
- Vodní tok musí být způsobilý odvádět vyčištěné odpadní a drenážní vody z vnějšího prostoru.
- Hygienická funkce, která závisí na působení vodního toku pro rozvoj samočisticích procesů.
- Hydrogeologická funkce, která spočívá v přirozené odvodňovací funkci toku. Koryto toku je prostředím pro infiltraci povrchové vody do půdní vody i do podzemních vod.
- Rekreační funkce. Tok je místem pro rekreační a sportovní aktivity obyvatel, pro sportovní rybářství.

Úprava vodních toků je soubor vodohospodářských, stavebních a ekologických opatření v korytech toků umožňující plnění jejich funkcí.

Cílem úprav toku je:

- Odstranění zjištěného nepříznivého stavu v korytě toku, narušení hydro-logické a ekologické funkce toku.
- Ochrana lidských životů, nemovitostí, kulturních památek a zemědělské produkce v zátopovém území toku. Neškodné odvedení povodňového průtoku.
- Úprava vodního režimu přilehlých pozemků, možnost zaústění a odvedení stávajících drenážních odtoků.
- Odvedení odpadních vod z čistíren odpadních vod.
- Umožnění odběrů povrchové vody pro hospodářské činnosti, vč. plnění vodních nádrží.
- Energetické využití proudící vody.

Způsoby úprav toku:

- soustavné úpravy, které se provádějí na celém toku,
- dílčí úpravy na vybraných úsecích toku,
- komplexní úpravy, kterými se regulují srážkoodtokové poměry v povodí. Úpravy navazují na revitalizaci zemědělsky a lesnický využívaného území, na návrhy Územních systémů ekologické stability (ÚSES) a na projekty komplexních pozemkových úprav (KPÚ). Zvyšují retenční a akumulaci kapacitu území, omezuje se vznik a projevy vodní eroze,
- revitalizace říčních systémů je komplexním opatřením, kterým se zabezpečuje obnova, trvalý vývoj a stabilita přirozeného stavu toku.

Volba způsobu úpravy vodního toku je určena výsledky komplexního průzkumu provedeného na ploše povodí, popisem stavu koryta a objektů v korytě. Shromáždí se soubor hydrologických, hydrogeologických, geologických a klimatických údajů. Zhodnotí se splaveninový režim v toku, posoudí se způsoby užívání pozemků na ploše povodí, zpracuje se přehled staveb, zjistí se podmínky a rozsah stávajícího stavu nakládání s vodami. Významné je určení ekologického stavu toku (břehových porostů) a zjištění hodnot nemovitostí a soupis kulturních památek v záplavové zóně toku.

Návrh technických úprav koryta toku vychází z prokázaných potřeb a ekonomické efektivnosti. Dominantním cílem technických úprav toku je ochrana životů a majetku před škodlivými účinky povodní. Požaduje se neškodné převedení kulminačního průtoku ohroženým územím. Při úpravách drobných vodních toků se vychází z ustanovení **TNV 75 2102: Úpravy potoků, ČSN 72 2101: Ekologizace úprav vodních toků, TNV 75 2103: Úprava řek.**

Úprava vodního toku spočívá v řešení:

- Hydrotechnických parametrů toku, průtočné kapacity koryta a objektů
- Trasy vodního toku v terénu a v zastavěném území
- Návrhu sklonu nivelety dna koryta
- Návrhu příčného profilu koryta
- Návrhu potřebných objektů v trase toku, včetně úprav břehů a dna koryta
- Návrhu vegetačního doprovodu toku
- Podmínek úprav v místech zaústění odpadů z provedených drenáží, zaústění odpadů od čistíren odpadních vod, dešťových kanalizací, při křížení toku s komunikacemi

Hydrotechnické řešení

Hydrotechnické řešení upraveného vodního toku navrhuje průtočnou kapacitu příčného profilu. Návrhový průtok profilem odpovídá požadovanému stupni ochrany území před povodňovým kulminačním průtokem. Návrhové průtoky se liší dle hodnoty potenciálních škod při vyběžení vody z koryta - povodni.

Pro udržení vhodných hydrologických a hygienických podmínek v korytě, pro zachování a rozvoj biotopů vodního prostředí, se předpokládá zachování minimálního zůstatkového průtoku. Jeho hodnotu určuje příslušný vodoprávní úřad na doporučení správce toku. Je v rozmezí do Q_{355d} . Součástí hydro-technických řešení je také posouzení a ovlivnění splaveninového režimu a omezení vzniku nežádoucích erozních procesů v korytě. Průtočná kapacita koryta a objektů se stanoví výpočtem pro podmínky rovnoměrného proudění vody pouze v případě zajištění stejné drsnosti dna a svahů a vyrovnaného podélného sklonu. V technicky upravených korytech nastává tento typ proudění. Ve volné trati toku se výpočet provádí pro podmínky nerovnoměrného proudění.

Hydrotechnické výpočty určují:

- Výpočet průběhu hladiny při průtoku Q_N a Q_d .
- Výpočet rychlosti vody v měrných profilech toku
- Stanovení kritických hodnot proudění, posouzení vymílací a sedimentační rychlosti vodního proudu
- Hydrotechnické výpočty při průtocích příčnými objekty, zejména propustky a mosty
- Vliv výše vodního stavu v korytě na vodní režim půd za břehovou hranou koryta

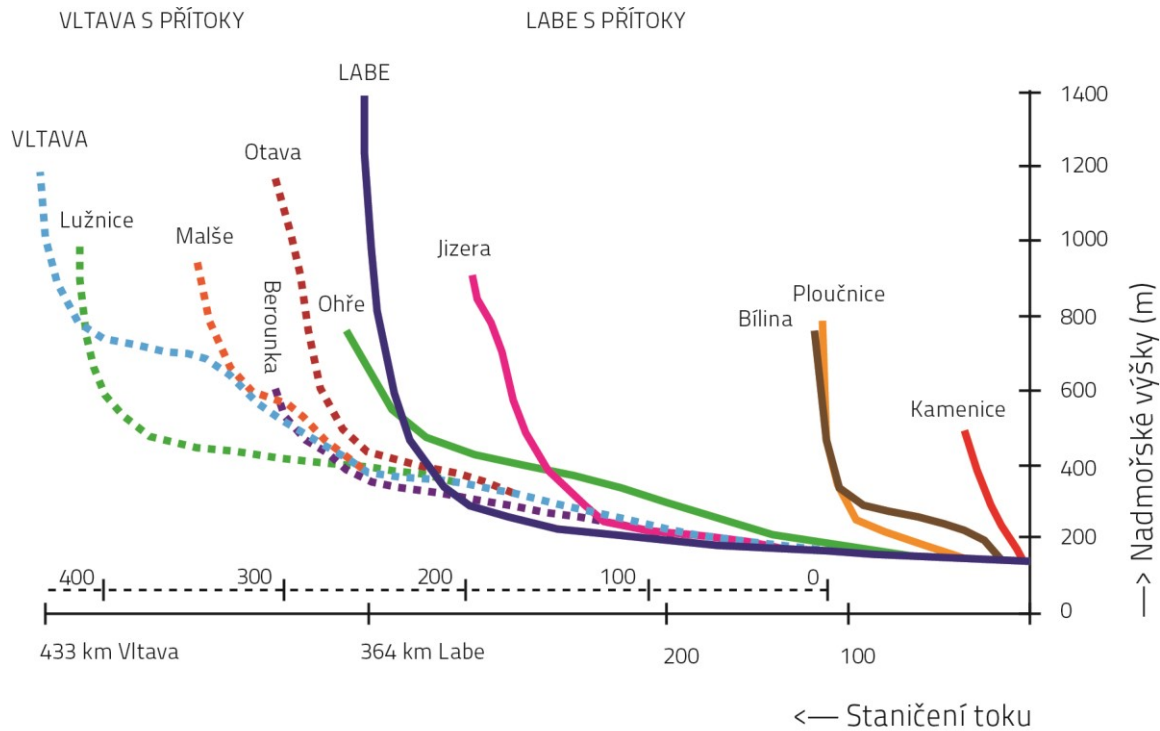
Návrh trasy toku

Pro návrh trasy toku se určuje kilometráž, nultý km je v místě zaústění (soutoku). Koryto drobného vodního toku je součástí koridoru toku, tj. pásem pozemků v údolnici území včetně doprovodné vegetace vázané na tok. Plocha koridoru a plocha nivy představuje inundační území toku. Nejvhodnější je šířka 20 až 50 m. Pozemek koridoru umožňuje rozvolnění trasy koryta v údolnici, možnost umělého a přirozeného meandrování. Při návrhu trasy upravovaného vodního toku se respektuje historický a přirozený vývoj koryta. Změna trasy při úpravě musí být zvláště zdůvodněna, např. z důvodu zastavěného území nebo křížení se silnicí. Upravená trasa musí navazovat na průběh koryta pod a nad úsekem opravy. Příznivé je prodloužení délky trasy, nejlépe o 10 – 20 %.

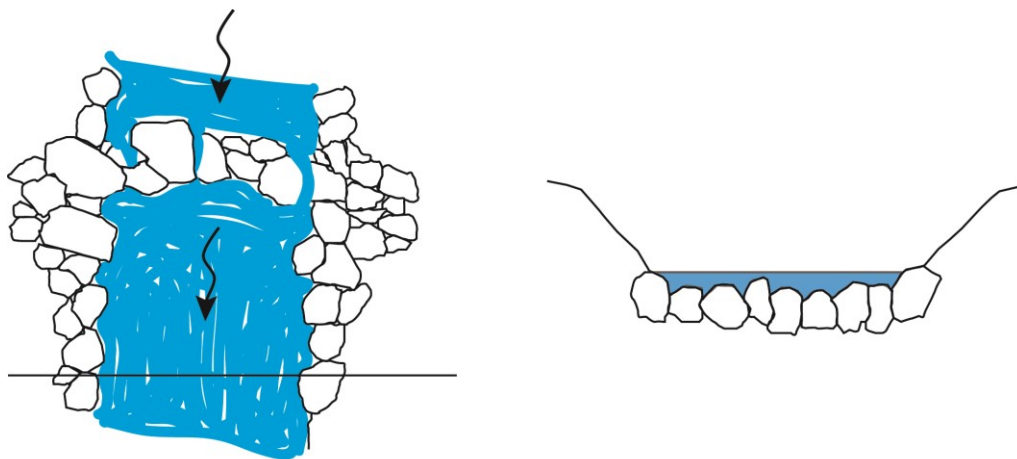
Podélný profil toku

Podélný profil toku vyjadřuje průběh sklonu nivelety v podélné ose toku. Spádové poměry drobných vodních toků jsou velmi proměnlivé, korespondují se spádem údolnice. Závisí na orografických podmínkách území a na kategorii drobného vodního toku. Spádové poměry určují rychlost proudění v korytě. Při navrhování technických úprav toku se uvádějí hodnoty absolutního spádu a hodnoty relativního spádu upravovaného úseku toku. Absolutní spád je rozdíl nadmořských výšek začátečního a koncového profilu úpravy, udává se v metrech. Relativní spád nivelety dna toku vyjadřuje poměr absolutního spádu k délce koryta, udává se v procentech (%) nebo promilách (‰). Úprava spádu dna koryta toku přímo ovlivňuje rozhodující hydrotechnické parametry proudění vody – rychlost tekoucí vody a průtočnou kapacitu příčného profilu toku. Rychlost proudění by neměla překročit hodnotu vymílací rychlosti (narušování břehů a dna), myšleno v technicky upraveném korytě. Určení rychlosti

proudění je náplní hydrauliky. Úprava nivelety koryta navrhuje hodnotu kompenzačního spádu, při kterém nedochází ani k erozi, ani k sedimentaci ve dně. Pro docílení tohoto spádu se zřizují příčné objekty – prahy, skluzy, stupně a přehrážky. Stabilita dna a břehů se zajišťuje vhodným opevněním, nejlépe z přirozených materiálů.



Obr. 5 Vltava a Labe s přítoky (délka toku/ nadmořská výška)



Obr. 6 Příčný profil upraveného toku

Příčný profil koryta toku je kolmým řezem k ose toku. Návrhový průtočný profil odpovídá průtoku vody při zadaném stupni ochrany před vyběžením. Funkční závislost výše hladiny protékající vody (vodní stav) k průtoku vyjadřuje konzumpční měrná křivka. Navrhuje se otevřený příčný profil. Výjimečně je možný i uzavřený profil v zastavěném území nebo při křížení komunikací a inženýrských sítí, pokud je toto řešení z prostorových důvodů nezbytné. Návrh tvaru příčného profilu vychází z prostorových poměrů území. I při vedení trasy v zastavěném území se doporučuje využívat dostupné prostory pro širší, revitalizovanou úpravu toku. Mezi úpravy soustředěného toku povrchových vod patří uměle budované odvodňovací kanály (ČSN 75 4210), otevřené přivaděče vody k plnění obtokových vodních nádrží, závlahové kanály (TNV 75 4320) k převedení závlahové vody od zdroje povrchových vod k zavlažovaným pozemkům, odvedení odpadních vod od ČOV do toku a odvedení vod zachycených technickými prvky protierozní ochrany pozemků. Vždy je účelné řešit vazby vodních toků k požadavkům tvorby krajiny, vytvářet podmínky pro přirozený vývoj doprovodných krajinnotvorných prvků. Je žádoucí vytvořit doprovodné břehové porosty a vytvořit ochranné pásmo vně koryt. V krajině se vyskytuje mnoho historických náhonů na vodní mlýny, pily a hamry. V území je dobře najdeme a většinou příznivě ovlivnily vodní režim v údolích, např. tvorbou mokřadů a tůní.

Vodní toky patří k hlavním krajinnotvorným prvkům a představují prvky stabilizující krajinné přírodní prostředí. Tvoří kostru krajinného ekosystému. Drobné vodní toky byly v minulém období často nevhodně upravovány. Byly využívány jako recipienty velkoplošných drenážních systémů. Proto byla volena velká hloubka koryta, byla napřimována trasa toku a profil koryta byl většinou opevňován dlažbou z polovegetačních tvárnic, kamenem nebo betonem. Betonová polovegetační zatravnovací tvárnice má otvory, kterými postupně prorůstá tráva. V dnešní době polovegetační tvárnice slouží k zádlažbě odstavných a parkovacích ploch pro osobní automobily, k obkladům svahů, chodníků apod.

Důsledkem uvedených úprav koryta byl urychlený odtok z území, omezení až likvidace ekosystémů vázaných na vodní prostředí. Obdobně byla zvyšována protipovodňová ochrana v území tvorbou kapacitních koryt i na těch místech, kde to nebylo třeba. Důsledky nevhodných úprav potočních a bystřinných koryt, provedených pouze s ohledem na vodohospodářské funkce se projevují nepříznivě v ekologické stabilitě území. Proto má prioritu při úpravách toků jejich revitalizace.

Mezi nepříznivé ekologické důsledky nevhodně provedených úprav vodních toků náleží zejména:

- změna trasy vodního toku, narovnění a zkrácení koryta. Tím se zvětšuje podélný sklon nivelety dna a zvyšuje se průtočná rychlost vody. Odstraní se oblouky a meandry toku.
- vyrovnání podélného profilu koryta, což vede k zániku výmolů, tůní a brodů,
- změna tvaru průtočného profilu koryta do stálého prismatického profilu, většinou lichoběžníkového tvaru, který byl navrhován na vyšší průtoky. Byl zrušen přirozený, nepravidelný a členitý průtočný profil.
- "tvrdé" opevnění profilu toku ekologicky nevhodným způsobem (kamenná dlažba, polovegetační tvárnice, beton). Nadměrné opevnění znemožňuje další přirozený vývoj podélného profilu koryta.
- zrychlení průtoku v korytě. Za normálních průtoků se v upraveném toku zmenšuje hloubka vody a ubývá míst s pomalým průtokem. Přirozené koryto se kanalizuje, ztrácí přírodní charakter.
- změna volby návrhového průtoku. Návrh úpravy vychází z průtoku povodňové vlny, odpovídající vysokému stupni ochrany, který není většinou ekonomicky zdůvodněný.
- negativní změna splaveninového režimu,
- vykácení břehových porostů.

Pro nápravu uvedených negativních dopadů se provádějí revitalizace toků v extravilánu i v intravilánu. V zastavěném území je prioritně řešena protipovodňová ochrana okolní zástavby. Ale i zde máme možnost použít revitalizační prvky se zachováním protipovodňové ochrany území. Jedná se o rozšiřování a změlčování koryta toku, úpravu břehů do "parkové podoby", zajištění snadného přístupu k vodě, výsadbu břehové vegetace, tvorbu mělčích a hlubších míst na toku (např. revitalizace Isary v Mnichově). V trase drobných vodních toků se vyskytují úseky, které mají charakter přirozeného vodního toku. Tyto úseky nejsou po celé délce toku, neboť vždy se v korytě nacházejí drobné vodní stavby (propustky, mostky, lokální úpravy v korytě pro dosažení stability, stavby pro umožnění odběru vody do náhonů, k zavlažování, místa zaústění recipientů z drenážních systémů, odpadních vod apod.).

Vlastnosti přirozených toků, zejména jejich morfologická členitost, určují vývoj biotopů vodního prostředí. Mají být zachovány podmínky pro migraci rybí populace a možnosti úkrytů pro ryby. Kvalitní biotop v toku je vhodným prostředím pro nižší a vyšší rostliny, pro bentos, plankton, ryby, hmyz, obojživelníky i savce (Zuna, 2008). Průtočná kapacita koryta přirozeného toku je malá, většinou nepřekračuje průtok jednoleté vody, často je i nižší, tzv. třicetidenní voda (Q_{30d}). Proto dochází k častému vyběžení vody při vyšších průtocích do okolní nivy. Niva je logickou součástí toku a jako takovou je třeba ji užívat.

Vodní útvary stojatých vod

JEZERA

Jezerem je dle Rámcové směrnice EU útvar stojaté vnitrozemské povrchové vody o velikosti minimálně 0,5 km² se zdržením vody v jezeře minimálně 5 dní. Ostatní stojaté vody jsou pak součástí vodního útvaru tekoucí vody jako silně ovlivněné útvary. Na území České republiky toto kritérium nenaplnuje žádné přirozeně vzniklé jezero.

Jezerem je povrchová voda přirozeně vzniklá s relativně méně členitou plochou s malým počtem přítoků, event. i bez přítoků a často i bez soustředěného odtoku, s malou plochou příslušného dílčího povodí. Akumulovaná voda má dlouhou dobu zdržení. Jezera mají stabilní hladinu vody. Mají přirozený přísun živin a vyznačují se pozvolným zanášením sedimenty. Převládá ekologicky vhodnější stav, tzv. oligotrofie – nedostatek živin.

Jezera jsou přirozené vodní nádrže, vyskytující se ve sníženinách zemského povrchu a jsou zcela odloučena od moře. Jezera jsou zásobována vodou buď přímo atmosférickými srážkami, nebo ústíciemi řekami, drobnými toky, prameny a podzemní vodou. Odtok z jezer se děje buď povrchově, nebo vypařováním, jen zřídka vsakováním a odtokem podzemní vody.

Typologie třídí jezera na:

- jezera říční,
- jezera plněná podzemní vodou,
- jezera bezodtoká,
- jezera s občasným odtokem,
- jezera s podzemním odtokem.

Jezera vznikala v obdobích modelování zemského povrchu. Mnoho stojatých vod – jezer bylo vytvořeno a ovlivňováno pochody, které se odehrávaly a dále probíhají na zemském povrchu i pod ním. Většina jezer leží v oblastech, jež kdysi pokrýval pevninský ledovec.

Karová jezera (plesa) na horním konci horských údolí zaplňují prohlubně vyhloubené ledovcem (Šumavská jezera, Tatranská plesa). Na dolním konci ledovců přehrazují odtok koncové morény a vytvářejí **morénová jezera**. I boční morény mohou přehradit odtok vody.

Zoly jsou zatopené jámové dutiny vzniklé po roztátí ledových bloků, které jsou vyplněné podzemní vodou.

Jezera sopečného původu vznikla přehrazením údolí lávovými proudy, které se nahromadily, utuhly a přehradily drobný vodní tok. Ve vyhaslých sopkách se často nacházejí jezera v sopečných kráterech.

Neprůtočná říční jezera představují mrtvá ramena řek vytvořená nakupením splavenin v meandrujících tocích a jejich odříznutím od proudícího koryta.

V krasu mohou vznikat hluboká **závrtová jezera**. Nad závaly zřícených jeskyň také dochází k hromadění povrchové i podzemní vody.

Tektonická jezera se nacházejí v příkopových propadlinách, ve kterých vznikají hluboké rozsáhlé vodní plochy. Úplným výčtem typů jezer se zabývá hydrografie.

Vyskytují se jezera se slanou i sladkou vodou. Kromě přirozeně vzniklých jezer se na pevnině vyskytují jezerní vodní plochy vytvořené činností člověka (vodní díla). Jedná se o zatopené plochy po těžbě nerostů a surovin, tzv. hydrickou rekultivaci (např. jezero Milada u Chabařovic blízko Ústí nad Labem, jezero Most nebo jezero Medard u Sokolova). Dále sem řadíme rybníky i zdrže přehrad a malých vodních nádrží.

TŮNĚ

Tůně představují významný vodní útvar v krajině. Tůně jsou vodními útvary s velmi proměnlivými hydrologickými i biologickými vlastnostmi. Převážně vznikají přirozeným procesem, ale jsou zřizovány i uměle. Tůně jsou prohlubně v terénu zaplavené vodou. Tůně jsou často součástí vodních toků všech řádů, a to již od jejich pramenů či pramenišť. Poříční tůně vznikají přirozeným způsobem činností toku a vývojem koryta. Dochází k tomu v místech s nižším spádem koryta, kde tok teče v původním korytě (starší náplavy), kde dochází k meandrování trasy a dále k tvorbě slepých ramen, které se postupně zanášejí sedimenty, tzv. zazemňují. Zásoby vody v mokřadech v nivách toků jsou napájeny z hladiny vody v korytech prostřednictvím dnové a břehové infiltrace. Hydrologický a hydraulický režim tohoto typu tůní přímo komunikuje s průtoky v korytě toku. Obdobně jsou tůně dotovány vodou infiltrovanou ze zdrží vodních nádrží, např. při záplavách. Poříční tůně vynikají velkým druhovým bohatstvím vodních ekosystémů. Voda v tůních bývá bohatá na živiny, zejména díky přísunu organické hmoty z okolní vegetace. Břehová část tůní přechází v litorální pásmo.

Vznik tůní souvisí i s činností člověka – např. zatopené propadliny v místech hlubinné těžby („pinky“) nebo zatopené jámy po místní povrchové těžbě materiálů (hliníky, pískovny, šterkoviska). Tento charakter tůní nesouvisí většinou s vodními stavy v tocích. Jsou napájeny převážně povrchovým, ale i hypodermickým přítokem. Záměrně jsou budované tůně při revitalizaci řek. Zásoba vody v tůních a výše hladiny akumulované vody není ovladatelná (řízená).

MOKŘADY

Podle definice užívané Ramsarskou dohodou na ochranu mokřadů (1971) je mokřadem: „Území bažin, slatin a rašelinišť i území pokrytá vodou, přirozená i uměle vytvořená, trvalá či dočasná, s vodou stojatou či tekoucí, sladkou, brakickou či slanou, včetně území s mořskou vodou, jejíž hloubka při odlivu nepřekračuje 6 m.“

V našich podmínkách se za mokřad považuje sezónně zatopená či podmáčená plocha, kde se vytváří podmínky k rozvoji rostlin přizpůsobených k životu ve vodě. Na území České republiky k typickým mokřadům patří:

- rákosiny, litorály rybníků
- prameniště mokřadního typu
- zaplavované louky
- lužní lesy, rašeliniště
- podmáčené smrčiny

Mokřadní ekosystém vzniká v důsledku zaplavení vodou, kdy v půdě převládají anaerobní procesy. Mokřadní rostliny jsou schopné tolerovat zatopení kořenů a stonků, protože jsou schopny přivádět vzduch do zatopených orgánů. Zatímco běžné terestrické rostliny po několikadenním zatopení vodou hynou. Dlouhodobé zaplavení přežívají pouze vrby, ale také duby a jasany. Z bylin snášejí zátopy především traviny. Kulturní plodiny jsou na zatopení velmi citlivé. Po několika dnech hynou.

Vodní režim mokřadů je charakterizován stavem, kdy je půdní profil plně nasycen vodou, tj. při hydropedologickém mezním stavu vyjádřeném hydrolimitem tzv. plná vodní kapacita. Všechny gravitační póry, preferenční cesty v půdě a kapilární póry jsou naplněny půdní vodou. Vzdušná kapacita půdy je nulová. Hladina podzemní vody dosahuje nebo se blíží k povrchu terénu. Mokřadní rostliny, hydrofyty a hygropyty, působí na genezi půdy. Mokřadní půda obsahuje vyšší podíl organických látek a nedochází k jejich mineralizaci. Organické látky jsou způsobily vázat větší množství vody. Víceleté mokřadní porosty vážou desítky milimetrů konstituční vody v biomase. Evapotranspirace těchto porostů je převážně na úrovni potenciálních hodnot, dosahuje často více než 10 mm za den.

Pokorný, Lhotský (2006) uvádějí hlavní funkce mokřadů v krajině:

- akumulace a retence vody,
- úpravu mikroklimatu evapotranspirací,
- vázání oxidu uhličitého do biomasy a půdy,
- zadržování a vázání živin (kationty, dusík, fosfor i těžké kovy),
- produkce rostlinné biomasy,
- produkce ryb a dalších živočichů,
- biodiverzita – mokřady jsou nositeli druhové rozmanitosti

Funkce mokřadů při protipovodňové ochraně je omezená. Pokud je mokřad v normálním, plně zamokřeném stavu, není na ploše mokřadu možná další akumulace vody. Povrchová voda po srážkách přechází přes mokřad bez výrazné retence či retardace. K vytvoření určité retenční kapacity mokřadů dochází jen po období meteorologického a tudíž i fyziologického sucha. Evapotranspirací se snižuje zásoba vody v prostoru mokřadu. V tomto stavu nasycení mokřadu vodou je protipovodňová funkce daná mírou vysušení.

V případě zátop mokřadů při rozlivech toků povodňovou vlnou v nivě, lužních lesích a rašeliništích, je protipovodňová funkce mokřadů závislá na možné výšce vody při rozlivech. Například rašeliniště v období sucha je první vydatnou srážkou nasyceno vodou a další srážky spadlé na vodou nasycené rašeliniště již nemohou vodu zadržet, a ta odtéká povrchovým odtokem.

Mokřad se příznivě uplatňuje v období sucha, v srážkově deficitních obdobích. Obsah vody v plně nasyceném prostředí mokřadu je vlivem působení vnějších sil (gravitace, hydraulická vodivost vody v půdě, výpar z vodní hladiny, evapotranspirace) snižován, a pokud se nachází ve svahu, podporuje se vznik podpovrchového (hypodermického) odtoku. Obsah vody z prostoru mokřadu při svém vývěru vylepšuje průtoky v dolní části povodí a příznivě ovlivňuje klimatické poměry ve svém okolí, snižuje teplotu vzduchu, zvyšuje relativní vlhkost vzduchu. Po následných deštích se mokřad opět nasytí vodou a v případě výskytu velkých srážkových úhrnů se projevuje jeho protipovodňová funkce, snižuje tvorbu povodňové vlny v dolních tratích toku.

Kromě přirozeně vyvinutých mokřadů je vhodné rozšiřovat budování nových, uměle vytvořených mokřadů. Uměle vytvořený mokřad je v souladu s vodním zákonem vodním dílem, a proto je nutné vodoprávní řízení, při kterém musí být vydáno povolení k nakládání s vodami a stavební povolení. Žádost podává investor akce.

Mezi časté zamokření půdy na zemědělské půdě patří vývěry drenážních vod na nefunkčních odvodňovacích systémech. Rozhodování o jejich dalším zachování či odstranění je věcí vlastníka odvodněného pozemku. Ke každému řešení této situace je nutný individuální přístup a posouzení potřeby zachování nebo odstranění mokřadu vzniklého poruchou drenáže. K vytvoření nových mokřadů je zapotřebí vyřešit majetkoprávní vztahy k dotčenému i k sousedním pozemkům. To lze umožnit v projektech komplexních pozemkových úprav.

Zásady tvorby mokřadů

Je doporučováno využít ploch zaniklých vodních nádrží, zejména rybníků, které jsou vedeny v katastru nemovitostí jako vodní plocha. Je zapotřebí řešit přítok a potřebnou akumulaci vody na zájmové ploše. Využívá se plocha bývalé nádrže, na které se umožní plné nasycení půdy i navýšení hladiny vody na dně. Upravuje se výtokové zařízení v prostoru bývalé hráze. Přítok musí být vyřešeno neškodné provedení povodňové vlny v souvisejícím drobném vodním toku. Mokřad se dá zřídit i na ploše polosuchého poldru, ve kterém je zachován na určité ploše neovladatelný prostor. K tomu je možné přistoupit až po vyřešení vlastnických vztahů k ploše poldru. Snížení potenciálního záchytného protipovodňového objemu poldru je na úkor jeho protipovodňové funkce. Při revitalizaci vodního toku je vhodné navrhovat postranní mokřady, které jsou plněny vodou infiltrovanou přes břehy koryta toku.

Přímá výstavba mokřadů na vhodných územích nivy se provádí nízkými hrázkami (vzdouvacími valy), kdy je nutné provést kvalifikované vodohospodářské posouzení bezpečnosti přelivu hrázek při zvýšených průtocích, nebo hloubením v terénu pod úroveň hladiny podzemní vody. V mokřadu můžeme vysázet vhodné druhy rostlin nebo podpořit přirozenou sukcesí (nálet mokřadních rostlinných společenstev). U větších mokřadů se doporučuje ozelenění jejich obvodu. Každý umělý mokřad vyžaduje v prvních obdobích po založení odborný dohled a případnou technickou i biologickou údržbu. Mokřady lze zakládat i v průběhu rekultivace, při obnově krajiny na výsypkách či jinak devastovaných územích (Just, 2005).

2.3. Vodní díla

Voda je přírodním živlem. Projevy extrémních vodních stavů – povodní a sucha, jsou významně ovlivňovány nahodilou bilancí hydrologických poměrů. Hydrologické parametry hlavních povodí na území ČR jsou dominantně určeny průběhem meteorologických situací – přirozenými srážkami, teplotou a vlh-kostí vzduchu. Vzhledem ke klimatickým změnám, dochází ke vzniku nepříznivých jevů, proti kterým je zapotřebí se bránit. Proto se zavádí retence (akumulace) srážkových vod a zpomalení jejich odtoků. Civilizace lidstva na Zemi je historicky propojena s budováním vodohospodářské infrastruktury, tedy s účelnými úpravami regulace vody v krajině. Jsou zřizována vodo-hospodářská opatření, která vedou k racionálnímu, účelnému a přínosnému užívání a ochraně vod. Vodohospodářské stavby jsou **vodními díly**, jejichž vybudování, údržba a provozování je prokazatelně potřebné pro zlepšení hydrologických i hospodářských účinků. Tvoří vyvolanou investici, která vyžaduje povolení k nakládání s vodami. Povolení není nutné, pokud se jedná o tzv. obecné nakládání s vodami, pro které se neprovádí stavební úpravy a neužívá se technické zařízení pro odběr vody.

Vodní dílo je stavbou, která slouží ke vzdouvání a zadržování vod, k úpravě odtokových poměrů povrchových vod, k ochraně a užívání vod, k ochraně před škodlivými účinky vod a k úpravě vodních poměrů.

Zákon o vodách za vodní dílo považuje:

- stavby k akumulaci nebo k vzdouvání povrchových vod, kam patří přehrady, vodní nádrže, jezy a zdrže, hráze, úpravy koryt vodních toků,
- stavby vodovodních řadů a vodárenských objektů včetně úpraven vody, kanalizačních stok, a čistíren odpadních vod,
- stavby na ochranu před povodněmi. Jsou to zejména ochranné hráze, zdi i mobilní ochrana stavebně spojená se zemí a suché nádrže (poldry).
- stavby k vodohospodářským melioracím, zavlažování, odvodňování a k ochraně půd a nemovitostí před vodní erozí,
- stavby k plavebním účelům zřízené v korytě vodního toku nebo na jeho březích (plavební komory, lodní propusti, plavební kanály a objekty na nich, vodní části přístavů),
- stavby k využití vodní energie a jejich funkční zařízení všech parametrů a typů, vč. přečerpávacích nádrží,
- stavby odkališť (s hrázemi), prostorů pro trvalé nebo dočasné zadržení vody, odběrných a vypouštěcích zařízení,
- stavby sloužící k pozorování stavu povrchových a podzemních vod,
- studny k jímání a odběru podzemní vody, kopané i vrtané,
- stavby k hrazení bystřin pro ochranu půdy, úpravu koryt bystřinného charakteru, úpravu transportu splavenin a ochranu území před jejich škodlivými účinky (odst. 1 lesního zákona č. 289/1995 Sb.)

Vodohospodářskými úpravami jsou i práce a změny terénu v přirozených korytech vodních toků a na pozemcích souvisejících s nimi, jimiž se mění koryta a které jsou potřebné k zajištění funkcí vodních toků.

V krajině se vyskytuje široká škála přirozených i člověkem vytvořených vodních útvarů a vodních děl. Jsou nedílnou součástí přírodního prostředí. Postupně se však převáděly a převádějí přirozené vodní útvary na umělé, budují se vodní díla. Každé vodní dílo ovlivní ráz krajiny, hydrologické poměry, ovlivní stav a vývoj životního prostředí v daném území.

K největším vodním dílům, která výrazně ovlivňují ráz krajiny a vodo-hospodářské podmínky v povodí patří přehrady.

PŘEHRADY

Přehrady jsou složité inženýrské vodohospodářské stavby většinou vybavené náročnou technologií pro využití vodní energie. Jsou to člověkem vybudovaná vodní tělesa, která přehrazují vodní tok a následně vyvolávají zatopení údolí nad tělesem hráze. Přehrady mají různé účely, např. hydroenergetické. Regulací průtoků vedou k vylepšení vodních stavů v toku pod přehradou tak, aby byly umožněny potřebné odběry vody na dolní trati toků pro průmysl, plavbu, zavlažování atd. Vodohospodářské nádrže slouží pro akumulaci vody pro zásobování obyvatel pitnou vodou. Další využití nadržené vody (vodní zdrže) je pro rekreaci, sportovní rybolov a vodní sporty. Velká rozloha zatopeného území příznivě ovlivňuje mikroklima v širší oblasti. Každá přehrada má víceúčelový charakter. Provoz nádrže se řídí vodoprávně schváleným manipulačním a provozním řádem. Význam přehrad pro protipovodňovou ochranu na toku je dán jejich vodohospodářským řešením a manipulací s vodou. Retenční prostor přehrad většinou není rozhodující, představuje však zachycení podstatného množství vody z povodňové vlny (viz tab. 3)

Manipulační a provozní řád

Dobrý systém péče o technický stav vodního díla, zajišťující soustavně kvalifikovanou obsluhu všech zařízení, plánovitou kvalitní údržbu a včasné provádění oprav, je základním prostředkem k zajištění jejich funkčnosti a spolehlivosti. Náplň jednotlivých činností na vodním díle je určena souborem pokynů a plánů. Výkon obsluhy a údržby je usměrňován provozním řádem, který je vedle manipulačního řádu dalším základním dokumentem pro provoz vodních děl.

Provozní řád je souhrn předpisů, směrnic a pokynů pro obsluhu a údržbu všech zařízení vodního díla. Jeho součástí jsou provozní předpisy, tj. návody k obsluze jednotlivých strojních a elektrotechnických zařízení. Zpracování provozního řádu zajišťuje správce vodního díla, který zároveň vyhláší jeho platnost s uvedením doby platnosti (ne více než 5 let do příští revize). Souvislost s manipulačním řádem je věcně zřejmá; při změně manipulačního řádu je nutno provést revizi provozního řádu. V provozním řádu jsou odkazy na jednotlivá ustanovení manipulačního řádu. Při zpracování provozního řádu se vedle manipulačního řádu vychází z projektové dokumentace, opravené podle skutečného provedení a provozních předpisů pro strojní a elektro-technická zařízení (zpracovávají dodavatelé těchto zařízení), výsledků prohlídek a zkoušek zařízení, z požadavků povodňové služby a z obecných požadavků civilní ochrany, bezpečnosti práce, požární ochrany atd.

V souladu s oborovou normou se provozní řád člení do 10 kapitol, jedenáctou součástí **jsou přílohy**:

A. Záhloví provozního řádu

B. Úvodní ustanovení (platnost, zodpovědnost)

C. Stručný popis vodního díla, popř. členění provozního řádu

D. Metodické pokyny pro provoz a údržbu jednotlivých částí vodního díla. Musí být popsány všechny úkony spojené s obsluhou a údržbou jednotlivých konstrukcí a zařízení, jejich

četnost, časový sled a podmínky provedení. Dále musí být do provozního řádu úkony, vyplývající z manipulačního řádu a také kontrolní manipulace.

E. Sledování a hlášení vodních stavů a odběrů. Uvedou se místa pozorování a měření, četnost pravidelných a mimořádných měření, povinnost ohlašovat výsledky měření atd.

F. Pozorování a měření

G. Provozní pokyny za různých průtoků. Kapitola obsahuje konkrétní směrnice pro provoz výpustných, odběrných a přelivných zařízení v závislosti na stavech hladiny, průtočnosti popř. i dalších okolnostech (např. zimní režim).

H. Ostatní provozní pokyny. Jde např. o opatření při přerušení dodávky energie, při významných poruchách zařízení (např. čerpadel prosáklé vody). Závěrečné kapitoly provozního řádu zahrnují zásady koordinace, bezpečnostní předpisy atd.

I. Spolupráce mezi uživateli vodního díla a správcem.

J. Místní bezpečnostní předpisy. Jde o zajištění bezpečnosti pracovníků obsluhy a údržby a také dalších pracovníků, kteří se pohybují v prostoru vodního díla, buď služebně, nebo na základě zvláštního povolení.

Přílohy provozního řádu jsou z části obdobné jako u manipulačního řádu, proto mohou být společné. Specifické pro provozní řád jsou schémata rozvodů elektroinstalací, vody, kanalizace, technologického zařízení s vyznačením míst údržby, montážních prostorů, tabulky prohlídek, údržby, pozorování a měření.

Další část příloh tvoří **provozní předpisy**:

- základní technické údaje, výkresy, schémata zařízení
- návod k obsluze
- možné závady, poruchy a návody k jejich odstranění
- předpisy pro kontrolu, údržbu, revize, generální opravy
- pokyny pro montáž a demontáž
- předpisy pro mazání a další ošetřování
- ostatní požadavky

Manipulační řád

Manipulační řád je základní dokument pro vodohospodářský provoz vodního díla, zpracovaný v souladu s platnou normou, schválený vodohospodářským orgánem. Po věcné stránce se jedná o soubor předpisů, zásad a směrnic, upravujících nakládání s povrchovými vodami tak, aby to bylo v souladu s povolením vodohospodářského orgánu (tj. s plánovanými funkcemi vodohospodářského díla). Požadavek vypracovat manipulační řád ukládá investorské organizaci (u nových děl) nebo správci díla (u děl v provozu) vodohospodářský orgán, zpravidla v rámci povolení o nakládání s vodami, povolení k vodohospodářskému dílu popř. jiným rozhodnutím (při změnách nebo zvláštních opatřeních).

Manipulační řády se běžně zpracovávají:

- a) pro vodní nádrže nad 5000 m³ s přívodem vody z toku (a odtokem do toku)
- b) pro pohyblivé jezy nebo pevné jezy s výpustmi a odběry
- c) pro plavební kanály, průplavy

d) pro odběrné objekty, kde jde o podstatný vliv na vodohospodářskou bilanci a pro odběry s využitím vodní energie

e) pro výpustné objekty, čerpací stanice a další zařízení přivádějící vody do toku, významně ovlivňující vodohospodářskou bilanci nebo jakost vody

Manipulační řád se vyžaduje i u odkališť s odtokem vody do toku, u čerpacích stanic tzv. vnitřních vod atd. Komplexní manipulační řády vodohospodářských děl, pokud jejich účinek zasahuje více správních celků, schvaluje příslušný vyšší vodohospodářský orgán. Vodohospodářský orgán při schvalování stanoví i dobu platnosti manipulačního řádu a lhůty prověrek. Maximální lhůta prověrek je 5 let. Pokud dojde k významným změnám podmínek provozu proti před-pokladům, za nichž byl zpracován manipulační řád, je správce povinen neprodleně zpracovat a předložit návrh na změnu manipulačního řádu. Takovou změnou může být například změna v hydrologických údajích ČHMÚ, změny v původně plánovaném vodohospodářském využití díla apod.

Skladba o obsah manipulačního řádu je dána příslušnou normou. Vedle základních údajů, včetně informací o správci díla, správci vodního toku, příslušném vodohospodářském orgánu, povodňových komisích popř. dalších orgánech a organizacích, je důležitý popis díla (objektů zařízení) účelově zaměřený na schopnost manipulací s vodou a také rozsah pozorování a měření.

Všechna ustanovení a pravidla pro manipulace s vodou za různých provozních podmínek a situací musí zajišťovat, aby:

- vodohospodářské dílo účelně plnilo požadované funkce
- nedošlo k ohrožení území, nebyly ohroženy veřejné zájmy a samozřejmě bezpečnost vodohospodářského díla
- nedošlo k překročení mezních hodnot, stanovených povolením vodo-hospodářského orgánu (zejména max. hladin, max. odběrů a vypouštění, mezních hodnot znečištění) - v rámci návrhové zabezpečení.
- nedocházelo k zhoršování jakosti vody

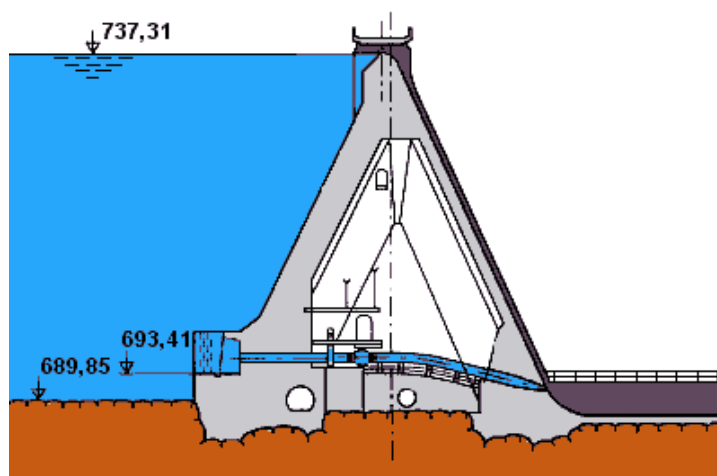
Většina přehrad byla postavena také pro výrobu elektrické energie v hydroelektrárnách. **Hydroelektrárny vyrobí 17 % celkové produkce elektrického proudu.** Patří mezi tzv. obnovitelné zdroje energie. Výhoda spočívá v rychlém naběhnutí provozu a v okamžitých dodávkách elektrické energie do sítě. Snižují tak potřebu výroby elektrické energie z tepelných elektráren. Pro efektivní využití vody pro výrobu energie jsou vybudovány výkonné přečerpávací vodní elektrárny (Malešice, Štěchovice II). Největší vodní energetické dílo na našem území je přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé stráně na území CHKO Jeseníky. Má největší výkon svého druhu ve střední Evropě (650 MW) a je nejvýše položenou umělou nádrží na území ČR (1326 m n. m.). Většina zdrží vodních nádrží je využívána k rekreaci, k sportovnímu rybolovu a k provozování vodních sportů. Negativní hledisko přehrad je zamezení protiproudové migrace ryb (např. Nechranická přehrada). Důležitou kategorií přehrad jsou vodárenské nádrže pro zásobování obyvatel pitnou vodou. K nejvýznamnějším patří především vodní nádrž Želivka (Švihov), která dodává do vodovodní sítě ve špičkovém odběru až $7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ z celkového nadrženoého objemu 163 mil. m^3 vody.

Tab. 3 Retenční prostory významných přehrad na tocích v ČR (miliony m³)

Povodí	Vodní dílo	Tok	Celkový objem	Retenční prostor
Vltava	Lipno	Vltava	306	21
	Hněvkovice	Vltava	31	3,3
	Orlík	Vltava	716,5	62
	Slapy	Vltava	269	17
	Štěchovice	Vltava	11,1	0
	Vrané	Vltava	11,1	0
	Kamýk	Vltava	12,8	0
	Želivka	Želivka	298,3	34,3
	Římov	Malše	34,5	1,8
	Husinec	Blatnice	6,5	3,7
	Hracholusky	Mže	57	19,7
	Žlutice	Střela	14,5	1,7
	Nýrsko	Úhlava	20,8	3,8
	Klabava	Klabava	5,7	2
	Klíčava	Klíčava	10,7	1,8
Labe	Les Království	Labe	9,2	5,8
	Rozkoš	Rozkoš	76,1	16
	Pastviny	Divoká Orlice	11	3,3
	Seč	Chrudimka	22,1	6,4
	Josefův Důl	Kamenice	23,2	1,9
	Souš	Černá Desná	7,8	2,4

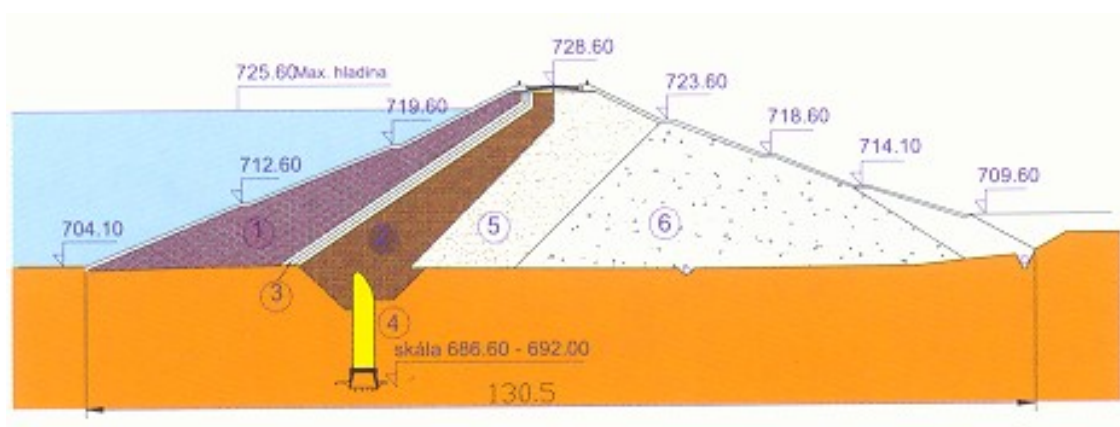
Nejstarší přehradou v Čechách je Jordán v Táboře, jež byla postavena již v r. 1492. Plochou zdrže je největší nádrž ČR údolní nádrž Lipno, která leží na ploše 4870 ha. Nejvíce vody, 716 mil. m³, zadržuje vodní dílo Orlík. Malešice jsou s hloubkou 88,5 m nejhlubší přehradou. Každá vodní nádrž představuje složitý ekosystém. Na rozdíl od jezera, které má vlastní specifický ekosystém s dlouhodobým nenarušeným vývojem, představují údolní nádrže člověkem uměle vytvořený ekosystém, který se postupně rozvíjí. Jeho vývoj je však značně člověkem ovlivňován, je nestabilní a má kolísavou úroveň hladiny vody. Zadržením vody před tělesem hráze se přetváří charakter povrchové vody. Proudící voda se stává vodou stojatou. Tím mění podmínky i pro rostlinná a živočišná společenstva ve vodě. Hráz přehrad představuje nepřekonatelnou bariéru pro tažné ryby. Vodohospodářský význam přehrad je i ve vytvoření velkých zásobních, akumulacních prostor, ve kterých se zadržuje voda z poměrně velkých povodí. Tím se zvyšuje hodnota vodního bohatství v krajině v období přebytků hydrologické bilance. Naopak v obdobích pasivní hydrologické bilance se nalepšují průtoky v tocích a stabilizují se hydrologické poměry v celém povodí. Tím se preventivně chráníme před negativními důsledky sucha. Zadržení potenciálně dostupných vodních zásob na našem území je jedním z nejúčinnějších vodohospodářských opatření v ochraně proti zmírnění škodlivého účinku sucha. Vhodně umístěné vodní nádrže

mají v tomto procesu nezastupitelnou funkci. Stavební a technologické řešení přehrad vychází z jejich účelů a lokalizace v území. Na obr. 7/8 jsou doloženy dva základní typy přehrad – s betonovým tělesem hráze – Flájská přehrada a se zemním tělesem hráze – přehrada Lipno.



Obr. 7 Řez tělesem hráze Flájské přehrad (Povodí Ohře, s. p.)

ŘEZ ZEMNÍ ČÁSTÍ



Obr. 8 VD Lipno I (Povodí Vltavy, s. p.)

Legenda k obrázku: 1 kamenný zához, 2 hlinitopísčité těsnění, 3 filtr, 4 betonová těsnicí clona založená na ocel. kesonech, 5 přechodová vrstva, 6 stabilizační část – navětralé žuly

Revitalizace vodních toků

Revitalizace vodních toků se provádí tam, kde byly řeky nevhodně upraveny a neplní vodohospodářské a environmentální funkce. Návrh revitalizačních úprav se podřizuje přírodním procesům vývoje říčních systémů v krajině. Trasa koryta revitalizovaného toku se postupem času dotváří. Revitalizační úpravy toků jsou vodním dílem, proto musí být vodoprávně projednány na podkladě odborně zhotovené projektové dokumentace. Cílem revitalizace je přirozený průběh příčného a podélného profilu, změna drsnosti dna a břehů, a tvorba přirozených prohlubní (tůň). Doporučuje se návrhový průtok Q_{3od} až Q_1 .

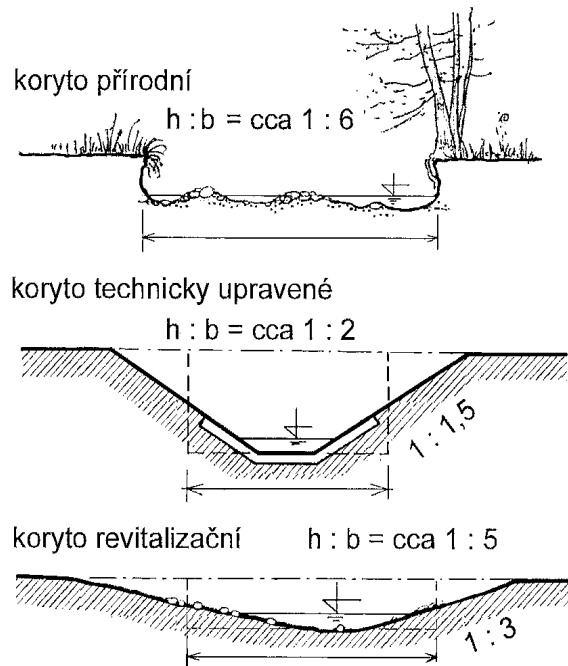
Pro trasu revitalizovaného toku v říční nivě potřebujeme dostatek prostoru. Proto se vykupují přilehlé pozemky. To je základním předpokladem realizace revitalizace toku. Pokud majitelé pozemků nesvolí prodat pozemky, nemůže se revitalizace uskutečnit. Pokud máme omezený prostor na meandraci toku, stanoví se přípustný koridor. V rámci tohoto koridoru se nechá tok meandrovat. Ale pokud by zasahoval za hranici koridoru, použijí se stabilizační metody k fixaci toku. Toto je vhodné řešení pokud vlastníci okolních pozemků uvolní jenom menší část pozemků. Revitalizace koryta vyvolává změny v průběhu podélného profilu, a s tím spojenou změnu příčného profilu koryta. Tím se iniciuje přírodě blízký průběh nivelety koryta, při kterém dochází k únosné erozi břehů i dna toku, k transportu splavenin prouděním na místa jejich následné sedimentace. Postupně se vytváří potřebný kompenzační spád, který odpovídá běžným rychlostem proudění.

Příčný profil revitalizovaného toku má nepravidelný tvar, který je schopen převést hydrologicky stanovené průtoky. Současně se vytvoří podmínky pro zachování proudění i při minimálních, zůstatkových průtocích, které zaručí přežití vodních ekosystémů, tj. pro hloubku vody 0,15 – 0,20 m. Koryto pokud možno neopevňujeme. Pokud si to sklon podélného profilu vyžaduje, zpevníme dno koryta kamenem. Protože mnohem větší nebezpečí než vývoj toku do stran je zahlubování koryta. Posun meandrů do stran umožní větší stabilizaci toku. Proto břehy koryta neopevňujeme. Kameny se pokládají tak, aby vytvářely výstupky do vody, což přispěje ke snížení rychlosti proudění vody. Pokud byl revitalizovaný tok opevněn dlažbou nebo zdivem z betonu a okolní podmínky to dovolí, je vhodné tyto odstranit. Při navrhování revitalizace toku je prvořadým cílem zpomalení odtoku vody z povodí, zajištění dostatečného průtoku za normálních vodních stavů, vytvoření proudových stínů, tůní a obnova břehového porostu. Větší než návrhové průtoky se mohou rozlévat do říční nivy. **Koryta přírodních potoků jsou mělká s širokým dnem.** Poměr šířky (b) k hloubce koryta (h) je u stabilních koryt 4:1 až 10:1.

Po vzoru přírodních koryt je vhodné navrhovat koryto, které obsahuje:

- přichylování proudnice k nárazovým břehům,
- tůně ve dně, a to hlavně v obloucích při nárazových březích (konkávních),
- větší sklony nárazových břehů (u tůní),
- mírnější břehy protější (konvexní), kde se často vyskytují jesepy-šterkové lavice,
- kamenité brody, hlavně u přechodů mezi oblouky (inflexní bod).

Rytmické střídání rychlejších a pomalejších úseků vhodně rozděluje energii vodního proudu a přispívá ke stabilitě koryta.



Obr. 9 Srovnání základních rozměrových charakteristik příčných průřezů
(Just, 2005)

Revitalizace koryt podporují členitost podélného profilu a řídí se těmito doporučeními:

- a) **rozdílné sklony úseků** závisejí na sklonitosti terénu, případně na výskytu výrazných spádových míst,
- b) **střídání klidových a proudových pasáží.** Přirozená poloha proudových míst (peřejí a brodů) je v přechodech oblouků. Tůň se umísťují do nárazových vrcholů oblouků. Střídání pasáží s větším a menším sklonem dna je ekologicky vhodné. Soustřeďuje se větší spád (opevnění) do kratších částí koryta. Vytváří se místa proudová a pomalejší. Samočisticí kapacita koryta se dostatečně vyvine při dlouhém zdržení vody v meandrech.

Lesotechnické meliorace

Lesotechnické meliorace jsou souborem biologických, technických a vodo-hospodářských opatření, která regulují vodní režim v části povodí, převážně na lesní půdě. Upravují odtokové poměry v tocích bystřinného charakteru, provádějí úpravy ve stržích, chrání lesní půdu a pozemky v dolní trati, bystřiny před erozí i sedimentací splavenin. Podle potřeby upravují odtoky zejména na území postiženém emisemi, lesními kalamitami, dále pak upravují vodní režim lesních půd, jejich fyzikální a chemické vlastnosti. Úkolem lesotechnických meliorací je zejména péče o vodohospodářskou funkci lesních porostů, zvláště v pramenné oblasti toků a na území emisemi nebo velkoplošnými kalamitami poškozených lesů.

Nejúčinnějším vodohospodářským opatřením na drobných vodních tocích bystřinného charakteru je hrazení bystřin. **V ČR je 20 116 km bystřin, z toho je 1350 km upravených.** Správu bystřin a horských potoků zajišťují Oblastní správy toků s. p. Lesy České republiky. Hrazení bystřin a lesnicko-technické meliorace definuje zákon č. 289/1995 Sb. o lesích. Výstavba a péče v oboru hrazení bystřin je prováděna ve veřejném zájmu, ze státních prostředků. Služba hrazení bystřin patří mezi nejstarší meliorační zásahy na našem území. Již v roce 1884 byl vydán zákon „O neškodném svádění horských vod“ (říšský zákon č. 117). V současné době se řídí činnost v oboru hrazení bystřin, lesotechnických meliorací zákonem č. 289/1995 Sb. o lesích.

Voda má v lesnický využívaných částech povodí charakteristickou přemísťovací, soustřeďovací a tvořivou schopnost, která se uplatňuje v prameništích, na horských svazích a na horních tratích bystřin. Důsledky těchto přirozených jevů ovlivňují vždy i níže položená území a objekty na nich. V těchto místech voda může působit škody lokálními povodněmi, erozí i nadměrnou sedimentací (hrubých splavenin). Bystřina je kategorií drobných vodních toků, ve které se vyskytuje bystřinné proudění, vyjádřené indexem bystřinnosti K_b . Stanovení indexu bystřinnosti vyžaduje určit hustotu hydrografické sítě v povodí bystřiny [km.km^{-1}], délku rozvodnice [km], střední výškový rozdíl povodí [km], součinitele závislé na propustnosti půd, na rozsahu eroze, na ploše povodí, na délce hlavního toku a na ploše protierozně účinného vegetačního krytu (ploše lesů a trvalých travních porostů v km^2). Výpočet se provádí dle ustanovení ČSN 73 6820 Úpravy toků a ČSN 75 2106 Hrazení bystřin a strží.

$$K_b = \frac{H \cdot O \cdot V_s \cdot P \cdot E \sqrt{S + 1}}{L_t \cdot \sqrt{S_v + 1}}$$

Do vzorce jsou dosazeny hodnoty fyzicko-geografických parametrů zjištěných pro dílčí povodí Chodovského potoka, kde

H hustota hydrografické sítě 1,53 km.km^{-2}

O délka rozvodnice povodí 7,46 km

V_s střední výškový rozdíl povodí 0,037 km

P součinitel závislý na druhu půd 0,6375

E součinitel vyjadřující intenzitu a rozsah eroze v korytě toku a povodí 0,40

S plocha zájmového úseku 2,47 km^2

L_t délka hlavního toku 2,89 km

S_v plocha protierozně účinného trvalého vegetačního krytu na povodí 2,46 km^2

Za bystřinu se pokládá tok, je-li hodnota **součinitele bystřinnosti K_b** větší než **0,1**. Výsledná hodnota pro dílčí povodí Chodovského potoka je pouze 0,037 a charakterizuje Chodovský potok v zájmovém úseku jako tok nebystřinného charakteru.

K základním charakteristikám bystřin patří: nepravidelný sklon toků s výrazným transportem splavenin, s průtoky Q_{330d} většími než 200 l.s^{-1} a průtoky značně rozkolísanými. Splaveninový režim bystřin je ovlivněn nepravidelným průběhem nivelety koryta, kdy se střídají úseky se silnou erozí s úseky sedimentačními. Doba doběhu a vývoj povodňové kulminační vlny jsou u bystřin velmi rychlé.

Voda se pohybuje v korytě neustáleným pohybem, při kterém se průtok a rychlost vodního proudu velmi mění. Pro hydrotechnické výpočty je třeba odvodit unášecí sílu vody, která se vyjadřuje tangenciálním napětím, které působí na dno koryta. Pro řešení proudění v korytě bystřiny jsou používány hydrologicko-hydraulické modely.

Při hodnocení vlastností splavenin v korytě bystřin jsou rozhodující dnové splaveniny, které jsou uvolňovány a splavovány po dně. Patří sem šterky o průměru zrna 15 až 70 mm, valouny (70 až 260 mm) a balvany o průměru nad 260 mm. Složení splavenin závisí na sklonu dna, tvaru příčného profilu, trase koryta a geologickém podloží. K výpočtům stability dna se zavádějí hodnoty středního efektivního zrna, hodnoty součinitele nerovnosti dna a koeficient tvaru splavenin, který vyjadřuje velikost zrn. Účelem hrazení bystřin je především zajistit bezpečný průtok velkých vod na odpovídajícím stupni protipovodňové ochrany.

Hrazení bystřin a strží

Při navrhování, výstavbě a údržbě úprav hrazení bystřin se využívá ČSN 75 2101 Hrazení bystřin a strží a Doporučený standard technický: Hrazení bystřin, ČKAIT Praha, č.12/1998. Hrazení bystřiny představuje systémovou kombinaci lesnickotechnických opatření pro preventivní regulaci odtoků z malých a hydrologicky specifických povodí s opatřeními, které využívají retenční a retardační funkci lesních půd. Lesní porosty se vyznačují značnou intercepční srážek, a to jak ve vegetačním, ale zejména i v zimním období (intercepce sněhu a transformace jeho odtoku v čase). Technická díla při hrazení bystřin vyžadují dobrou koordinaci s lesním hospodářstvím na ploše povodí.

Hrazení bystřin plní kromě zájmů vodohospodářských také zájmy ochrany přírodního prostředí, neboť zajišťuje neškodné odvedení vod z lesů, dotváří krajinný ráz údolnic v lesích. Proto se k jednotlivým zásahům přistupuje po úplném vyhodnocení všech příčin, projevů a důsledků. V pramenných oblastech se kvalifikačně rozhoduje o odvádění vod při normálních průtocích tak, aby se podporovalo zachování mokřadních ekosystémů.

Volba návrhového průtoku:

V projektech hrazení bystřin se vychází z diferencovaných návrhových průtoků. Stanovují se pro navrhování kapacit, odolnosti koryta a příčných objektů v trase bystřin. Vstupním podkladem jsou hydrologická data toku, která pro zadaný uzávěrový příčný profil toku poskytuje ČHMÚ. Volba návrhového průtoku je diferencovaná dle stupně ochrany různých druhů objektů a kultur. Pro nejcennější objekty se volí návrhový průtok až na hodnotu Q_{100} , pro ochranu zemědělské a lesní půdy, kde je přípustné až žádoucí zaplavení se užívá hodnota $Q_{30d} - Q_{10}$.



Obr. 10 Příklady hrazení bystřin přehrážkou (dřevo, kámen)

Úprava trasy a nivelety koryta bystřiny

Přírozený podélný sklon nivelety bystřin je velmi proměnný. Střídají se úseky s minimálním sklonem, tišiny, kde se usadily splaveniny s úseky s vysokým sklonem až skokem (vodopády), kde se uplatňuje vymílací schopnost vody. Základní prvky původní trasy bystřiny je vhodné zachovávat, tok musí respektovat krajinný ráz v údolí, nesmí omezovat využívání břehových částí, zvl. stávající objekty. Musí být umožněna základní údržba objektů v korytě bystřiny, břehových porostů. Volba oblouků v trase koryta vychází z projevů erozní a sedimentační činnosti proudící vody. Při volbě trasy je vhodné zachovávat volnější, přírodním procesům blízké vedení koryta, které zachovává neporušené úseky břehů. Jde o lepší přizpůsobení trasy s prodloužením proudnice, větší členitosti koryta, drsnosti omočeného obvodu. Přítoky se zaústíjí podle vodnosti obou toků v úhlu sevřeném osami koryt 35° až 80° . Břehy na soutoku se mohou opevnit kamennou dlažbou.

Návrh podélného sklonu dna

Přírozené bystřinné dno je stabilní, není-li dlouhodobě a zřetelně vymíláno a zanášeno. Nehledě na jeho dočasné přetváření ukládáním a pohybem šterkových lavic při zvýšených průtokových vlnách, na výmoly, brody a nánosy. Místní nepravidelnosti dna jsou přírodním jevem.

Podélný sklon nivelety bystřiny se upravuje ve vztahu k návrhovému průtoku, odolnosti koryta a pohybu splavenin v korytě. Sklon, který vytváří rovnovážný stav, při kterém nedochází k nadměrnému vymílání splavenin ze dna ani k jejich usazování, se označuje za kompenzační – stabilní.

Pokud bystřina značně nebo trvale vymílá a prohlubuje koryto, musí být zvýšena jeho odolnost proti kinetické energii vody, a to:

- ustálením úrovně dna vložení pasů nebo prahů,
- snížením podélného sklonu nivelety příčnými objekty,

- opevněním koryta kamenným pohozením nebo dlažbou,
- zvýšením drsnosti povrchu omočeného obvodu,
- zvětšením rozměrů průtočných profilů,
- kombinací těchto opatření.

Návrh průtočného profilu bystřiny

Bystřina v přirozeném stavu má velmi rozvolněný a nepravidelný příčný profil. Jeho přirozené tvarování odpovídá geologickému podloží, tvaru a sklonům břehů. Rozměry a tvar průtočného profilu se řeší v souvislosti s podélným profilem nivelety dna, s velikostí návrhového průtoku v daném úseku toku a posouzením transportní a erozní činnosti. Požaduje se zaručení minimálního zůstatkového průtoku k umožnění života a migrace vodních živočichů a zachování na vodu vázaných ekosystémů. Podle možností se v maximálním rozsahu zachovává přirozený tvar příčného profilu. Upravují se úseky bystřiny v návaznosti na další opatření – příčné objekty, křížení s komunikacemi a jinými liniovými zařízeními.

Tvar upravovaného příčného profilu se navrhuje jako pravidelný (**lichoběžníkový, miskovitý, složený**). Rozměry prvků koryta příčného profilu se musí hydraulicky posoudit v závislosti na střední průřezové rychlosti pro různé rychlostní součinitele (např. vzorce Chézyho, Stricklera, Manninga). K dispozici jsou matematické modely, které umožňují výpočty pro ustálené nerovnoměrné proudění. V případě nezbytného opevnění břehů a dna koryta bystřiny se volí přednostně přirozené způsoby (**kamenný pohozením a zához, kamenný štět, kamenná dlažba, dlažba do dřevěného roštu**) a nevegetační opevnění (**laťový plůtek, kamenný zához, event. i kamenná dlažba, drátokamenné opevnění, srubové a opěrné zdi, balvanité skluzy**).

PŘÍČNÉ OBJEKTY

Příčné objekty uložené v úrovni dna toku mají funkci stabilizační. Jsou z kulatiny, kamenné rovnaniny nebo z kamenného zdiva. Do dna jsou založeny tak, aby znemožnily hloubení výmolů, jsou stabilizovány do břehů. **Prahy jsou příčné objekty nižší než 0,3 m** s hranou přelivu v horní úrovni dna. Nepřerušují břehové linie a při vyšších průtocích jsou zaplaveny vodou. Jsou pevně vázány do břehů a neměly by být podtékány vodou. Při nízkých průtocích snižují rychlost proudění a vytvářejí drobné vodní plochy jako refugia pro vodní živočichy.

Stupně jsou příčné objekty vyšší než 0,3 m. Zadržují vodu v požadované úrovni vodního stavu. Snižují podélný sklon nivelety toku, chrání koryto před erozí vytvářením stabilizovaného spádu. Budují se většinou z kamenného zdiva, z kulatinových výřezů, drátěných košů a z kombinovaných materiálů. Důležité je zamezení podemílání objektů pod jeho založením v korytě. U vyšších stupňů se ponechávají otvory pro průtok vody při nižších vodních stavech. Pod vyšším stupněm je zapotřebí zřídit dopadiště – vývar, zpevněné spadiště, které tlumí kinetickou energii vodního skoku přepadající vody. Je opevněno kamenem, záhozem nebo dlažbou. Rozměry se určují hydrotechnickými výpočty pro maximální průtok.

Skluzy jsou příčné objekty, přes které přecházející voda plynule proudí po šikmé skluzové ploše. Povrch skluzu se staví z drsných materiálů pro snížení rychlosti proudění. Dno koryta lze také opevnit balvanitým skluzem, který tvoří v korytě šikmou rovinu dna s podélným sklonem 1:8 až 1:15 pro překonání výškového rozdílu nivelety do 2 m. Je z kamenné rovnaniny o velikostech kamenů 0 – 1,2 m. Kameny se pokládají nerovnoměrně, aby vyvolaly velké tření. Skluzovou plochu je vhodné upravit jako kaskádu s tůňemi a proudovými stíny.

PŘEHRÁŽKY

Přehrážky jsou příčné objekty vyšší než 2 m, s přelivnou hranou, většinou s příčným profilem pro převedení návrhového průtoku, často až Q_{100} . Plní funkci retenční a konsolidační. V dosahu vzdutí vody nad přehrážkou zpevňují dno a svahy bystřiny před erozí, zachycují nebo regulují pohyb splavenin z horní části povodí.

Retenční přehrážky zastavují přínos splavenin a jejich další transport do nižších částí toku i do údolí. Představují závěrečné objekty nad níže prováděnými úpravami podhorských potoků a na neupravených bystřinách nad sídlišti, komunikacemi, na uzávěrových příčných profilech bystřin.

Konsolidační přehrážky zamezují dalšímu prohlubování koryta bystřiny, zachycují většinu splavenin, včetně velmi hrubých kamenů. Zanesením konsolidační přehrážky se utváří stabilizovaný spád toku. Zádržný prostor přehrážky je třeba po zanesení uvolnit. Přehrážka se skládá z tělesa a spádiště – vývaru. Průtočný profil přehrážkou se umísťuje v ose tělesa. Hydrotechnické parametry průtočného profilu a rozměry vývařiště, kam dopadá voda vodním skokem, se určují hydraulickými výpočty. Pro stavbu přehrážek se používá především kamenné zdivo a dřevěná kulatina. Půdorys je buď přímý, nebo klenbový. V tělese přehrážky se zřizují průtočné profily, které umožňují minimální průtok v období snížených vodních stavů. Přehrážky brání volné migraci vodních živočichů. Proto musí být doplněny rybími přechody.

SOUSTŘEĐOVACÍ A USMĚRŇOVACÍ STAVBY

Tyto stavby slouží k usměrňování proudnice v úsecích, kde dochází k sedimentaci šterkovitých splavenin, k ochraně břehů u směrově nepříznivé trasy koryta, kde dochází k vyšší abrazi břehu. Podle polohy v korytě se dělí na výhony, odháňky a hráze. Jsou pevně svázány do břehů. K stavbě je vhodné používat místní materiál. Výhony jsou příčné objekty pro stálé soustřeďování průtoků do požadované trasy. Od břehu vybíhá pevné těleso ukončené zhlavím výhonu. Umísťují se většinou do obou břehů proti sobě. Soustřeďením průtoků do prostoru mezi zhlaví výhonů se zrychluje průtok a prohlubuje se koryto. Splaveniny se dlouhodobě ukládají do prostoru mezi sousedními, eventuálně protiležícími výhony. Také se používají krátké výhony, které slouží k ochraně břehů usměrňováním vodního proudu a stabilizaci břehových nátrží a výmolů. Nedílnou součástí hrazení bystřin je i zakládání, výchova a obnova vegetačních doprovodů.

STABILIZACE STRŽÍ

Strž je terénní, zemní rýha nebo výmol vytvořený extrémním soustřeďeným odtokem vody. Strž má velmi malé povodí, představuje vrcholný stupeň vodní eroze. Podélný sklon strže je velký, strž se erozí postupně rozvíjí proti svahu i v šířce do bočních svahů. Strž bývá po většinu roku bez vody. Smyv půdního profilu, pokračující erozní proces po přívalových nebo dlouhodobých deštích, brání přirozenému zarůstání svahů strže. Strž, zejména její zhlaví, se dále rozvíjí.

Pro asanaci strže je nutné poznat příčinu jejího vzniku, tj. určit dráhy soustřeďeného odtoku z výše položených ploch povodí, event. i přehled zaústěných recipientů. Zemní strže vznikají především na zemědělských půdách, zejména na půdách s hlubokým půdním profilem. Typické jsou strže na spraších. Vyskytují se i strže suťové a skalní, a to ve sklonitém terénu.

Stabilizace strže je založena především na odstranění příčin jejího vzniku a vývoje. To vyžaduje úpravu povrchového odtoku nad zhlavím strže zamezením tvorby soustřeďeného odtoku a snížením rychlosti proudění povrchové vody nad strží. To se umožní

zatravněním a zalesněním této sběrné plochy strže, vybudováním záchytného příkopu nad i podél strže a neškodným odvedením vody do dolního úseku pod strží.

V prostoru vzniklé strže se provádí její stabilizace. Svahy strže se upravují do přirozeného sklonu dle mechanického složení materiálu. Zhlaví strže se opevní většinou drobnými příčnými objekty – plůtky, prahy a stupni. Jejich úkolem je snížit sklon strže v místě zhlaví a zpomalit povrchový odtok. Ve dně se umístí příčné objekty, které zanesením splaveninami stabilizují strž a zamezí další vodní erozi. U velmi rozvinutých strží se postupuje obdobně jako při hrazení bystřin.

Součástí stability strže je biologická úprava nad zhlavím strže i v jejím prostoru. Provádí se zatravnění plochy, výsadba keřů a stromů.

MALÉ VODNÍ NÁDRŽE

Malé vodní nádrže tvoří v krajině významný prvek její ekologické stability. Výstavba nových nádrží a obnova bývalých nádrží je efektivním revitalizačním opatřením v krajině. Jsou důležitým prvkem akumulace a retardace povrchových vod v povodí. Mají především víceúčelový význam. Pokud se naplní scénáře změny klimatu, pak se zvýší četnost výskytu stavů hydrologického sucha. Malé vodní nádrže, umístěné nejlépe v kaskádách na toku, budou významným vodohospodářským opatřením v povodí, kterými bude možné efektivně jednak zachytit (akumulovat) vodu z jarního tání sněhu, z vydatných srážek, a jednak ji v suchých obdobích využívat pro nezbytné nadlepšování průtoků v tocích. Zachování minimálních zůstatkových průtoků manipulací vody v nádržích má cenný environmentální i zdravotní efekt. Nádrže umožňují využívat zadržanou vodu v jiném čase a na jiném území, než ve kterém spadla na plochu povodí jako srážka.

Vodní nádrž je vodní útvar vzniklý akumulací vody vzdouvací stavbou – hrází na vodním toku, převážně využitím přírodní nebo i uměle vytvořené prohlubně na zemském povrchu. Podmínkou je možnost manipulace s vodou dle potřeby.

Do kategorie malých vodních nádrží patří nádrže, které splňují tyto podmínky (ČSN 752410 Malé vodní nádrže):

- objem nádrže po hladinu ovladatelného prostoru (normální hladinu) není větší než 2 mil. m³. Hladina ovladatelného prostoru je hladina v úrovni nejnižší části přelivné hrany nehrazeného přelivu nebo horní hrany uzávěru hrazeného přelivu. Pod touto hladinou lze v nádrži akumulovat vodu a podle potřeby ji vypouštět.

- největší hloubka nádrže nepřesahuje 9 m,
- historické rybníky, jejichž parametry překračují uvedené podmínky,
- za vodní nádrž se považuje i suchý (polosuchý) poldr.

Malou nádrží nejsou:

- nádrže, u kterých je potenciální riziko ohrožení životů při její havárii,
- nádrže přečerpávacích vodních elektráren, odkaliště a nádrže s přítokem a odtokem vody propustným horninovým prostředím a svahů vodních ploch (šterkoviště, vodní plochy po těžbě nerostných surovin, vodní tůně).

Malé vodní nádrže plní různé funkce, které se často sdružují a doplňují.

Vodohospodářské a stavební řešení nádrží:

Zásady navrhování malých vodních nádrží jsou uvedeny v ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže. Základními vodohospodářskými parametry nádrže jsou:

- objem vody v nádrži,
- zátopová plocha, vodní plocha,
- členění prostorů zadržené vody v nádrži,
- rozsah kolísání vody v nádrži dle manipulačního a provozního řádu.

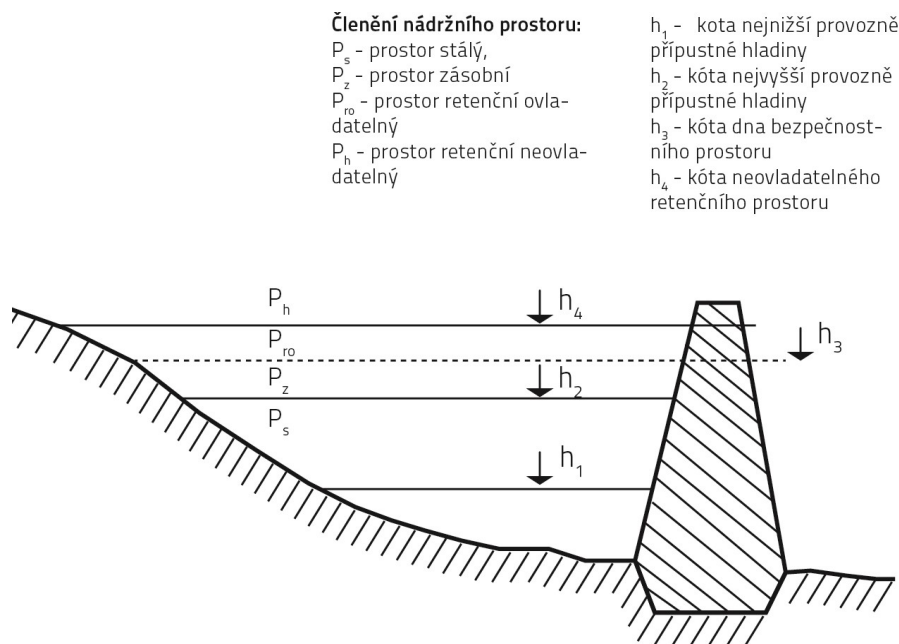
Objem vody zadržené ve zdrži nádrže se člení na jednotlivé prostory podle jejich stavů (viz obr. 11).

Vodohospodářské řešení nádrže se provádí dle ČSN 73 6851 Vodohospodářské nádrže, včetně změny 2, která upravuje řešení nádrží pro závlahy.

Vodohospodářským řešením:

- Vodohospodářským řešením se zjišťují objemy jednotlivých prostor nádrže ve vztahu k jejich využívání,
- vyšetřuje se způsob plnění nádrže a řízení odtoku vody z nádrže, tj. manipulace se zadržanou vodou,
- stanovují se parametry částí a zařízení vodního díla, kapacity přiváděcích a odváděcích zařízení, bezpečnostního přelivu a odběrných objektů,
- hodnotí se funkce nádrže při vysokých průtocích, protipovodňová funkce a ochrana území,
- řeší se hodnoty zůstatkových průtoků v toku pod nádrží, zajištění podmínek užívání vody v dolní trati toku,
- hodnotí se vliv nádrže na vodní zásoby v povodí, vliv na vodo-hospodářskou bilanci toku a povodí.

Pro ovládání vody v nádržích se zpracovává a vodoprávně projednává manipulační řád vodního díla.



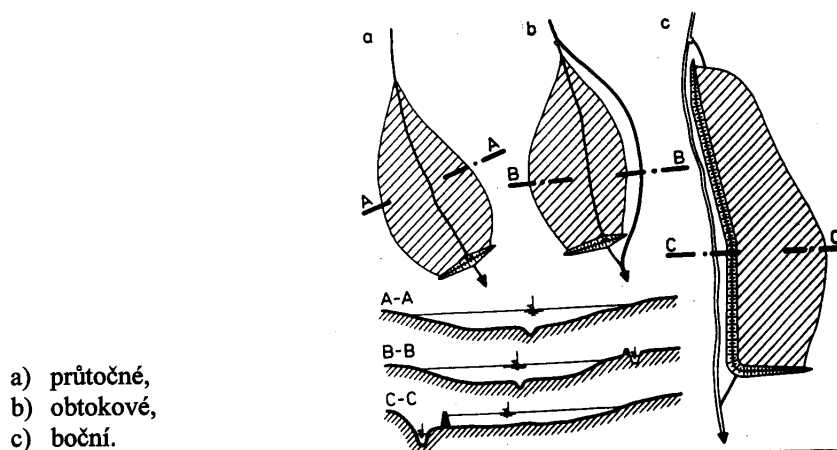
Obr. 11 Členění nádržního prostoru

Malé vodní nádrže (MVN) a potoční nádrže

Přívodní a odpadní zařízení umožňuje napojení nádrže na vodní tok. Rozlišují se nádrže:

- průtočné
- obtokové
- boční

K přívodu vody slouží vodní toky, otevřené umělé kanály a náhony a trubní přivaděče, napojené na vodní tok.



Obr. 12 Schéma nádrže

Nebeské (dešťové) nádrže jsou bez stálého přítoku vody a s menším objemem vody. Nacházejí se v terénních depresích a kotlinách. Akumulují vodu z povrchového odtoku z malého povodí. Zachycují splaveniny z vodní eroze. Pramenné nádrže jsou plněny vývěry podzemní vody dnem a břehy. Voda se hromadí v přirozených i umělých prostorech. Malé vodní nádrže mají převážně sypané hráze. Hráze se navrhují jako homogenní, které nevyžadují těsnicí zónu. Nehomogenní hráz obsahuje v tělese těsnění, které zajišťuje potřebnou vodotěsnost hráze. Malé vodní nádrže jsou vybaveny potřebným funkčním zařízením:

- bezpečnostním přelivem, který zajistí neškodné odvedení stoleté vody,
- výpustné zařízení umožňující manipulaci s hladinou vody v nádrži,
- odběrná zařízení pro její užívání,
- speciální objekty dle účelu nádrže (např. loviště, rekreační zařízení aj.).

Pro sledování a kontrolu stavu objemu akumulované vody se nádrže vybavují vodními značkami, vodoměrnými latěmi, měřením zůstatkových průtoků atd.

TECHNICKO-BEZPEČNOSTNÍ DOHLED (TBD)

Výkon technicko-bezpečnostního dohledu tvoří významnou součást provozních činností na vodních dílech. Ta se týká pouze konstrukcí nebo ucelených souborů, které slouží k trvalému nebo dočasnému vzdutí vody a jejichž porušením se může vytvořit průlomová vlna. Vedle přehrad se TBD týká významných jezů, hrází odkališť, ochranných hrází podél toků, kanálových hrází (přívodních kanálů v násypu), ale i dalších objektů, při jejichž porušení může voda ohrozit životy lidí a působit hmotné škody. Legislativním základem pro výkon TBD je zákon o vodách a navazující vyhlášky o odborném technicko-bezpečnostním dohledu.

Rozsah a obsah TBD je diferencován podle hospodářského významu díla a odhadu potenciálních škod při jeho porušení (kategorie I. a IV.). Za kvalifikovaný výkon TBD plně zodpovídá správce vodního díla. U nejvýznamnějších děl I. a II. kategorie je povinen správce díla zapojit do této činnosti pověřenou odbornou organizaci. Tato povinná spoluúčasť se zajišťuje na základě hospodářské smlouvy. TBD se stává provozní činností při příjemce vzdouvacího objektu správcem (provozovatelem). V ověřovacím provozu díla je výkon TBD zvláště důležitý a náročný, s četnými atypickými prvky (zvýšená četnost měření, provádění speciálních měření manipulace s vodní hladinou v maximálním rozsahu atd.). Po tomto pozorování a měření zaměřené na co možná dokonalé podchycení podstatných projevů chování díla trvá po celou dobu jeho existence. Končí až zrušením vodního díla nebo uvedením do neškodného stavu, kdy se musí zamezit vzduť vody. Některé objekty je však nutno sledovat dále, např. odkaliště.

Způsoby TBD

Základním úkolem obsluhy na vodním díle je pravidelná obchůzka. Ze zkušeností vyplývá, že 80% případů neobvyklého chování díla bylo zjištěno. Pochůzka by měla být prováděna předem proškoleným pracovníkem. V zájmu začlenění vodních děl do krajiny se vysazuje doprovodná vegetace. Na vzdušných svazích sypaných přehrad se pěstují křoviny. V oblasti zavázání hráze do boku údolí na vzdušné straně je zapotřebí sledovat úroveň průsaku. V některých případech je nutné vegetaci omezit pouze na travní porost a pravidelně odstraňovat náletové křoviny a stromy.

V souladu s Programem TBD provádí obsluha díla předepsaná měření ve stanovených lhůtách. Obsluha provádí běžná měření, jako je sledování vlivů teploty, ovzduší, srážek, režimu podzemních a průsakových vod (měření průtoku prosáklé a svahové vody ve vhodné zvolených profilech, měření tlaku vody). Výsledky sledování obchůzkou a předepsaným souborem měření jsou u děl I. a II. kategorie předávány úseku TBD (tj. pověřené organizaci) k vyhodnocení. U děl nižší kategorie toto vyhodnocení zajišťuje sám správce. Ve lhůtách předepsaných vyhláškou o TBD svolává správce vodního díla technicko-bezpečnostní prohlídky (u I kat. jednou za rok, u II. kat. jednou za 2 roky, u III. kat. jednou za 4 roky). Jejich hlavním smyslem je na místě posoudit technický stav vodního díla, posoudit výsledky sledování podstatných projevů, prověřit úroveň obsluhy a údržby a formulovat opatření zaměřená na zvýšení bezpečnosti objektů v dalším období provozu. Účastníkem těchto prohlídek je i zástupce místní, městské, krajské popř. vyšší správy (jako vodohospodářský orgán), který současně plní funkci dozoru nad výkonem technicko-bezpečnostního dohledu. Z hlediska TBD jsou nejvýznamnější atypická chování vodního díla. Včasné odhalení takových stavů je smyslem výkonu TBD. Pak je nutné posoudit do jaké míry je odchylka od normálního chování vodního díla (v stanovených mezích) nebezpečná. Může jít v zásadě o dva kvalitativně odlišné projevy:

- nebezpečí dosažení popř. překročení mezní hodnoty je signalizováno po jistou dobu předem. V takovém případě je možné včas zavést mimořádná měření, zabezpečit průzkumy a analyzovat příčiny negativního jevu, popř. se pokusit o prognózu dalšího vývoje a připravit protiopatření.
- zjištění nepřírodního stavu je neočekávané. V takovém případě je nutno rychle zvážit riziko a rozhodnout (počítat i s možností zkreslení naměřené hodnoty nahodilými vlivy). To vše vyžaduje komplexní pohled, zkušenost, operativní spolupráci dotčených stran a plnou zodpovědnost.

V Programu TBD je stanoveno, jaká zjištění obsluha díla okamžitě hlásí, komu a jakých spojovacích prostředků použije. Zařízení instalovaná na vodním díle pro potřeby sledování musí být pečlivě udržována. Požadovaná přesnost měření je vysoká, přičemž zařízení jsou často umístěna v nepříznivých podmínkách se zvýšenou vlhkostí. Úvodní list Programu TBD

obsahuje i specifikaci objektu a jeho kategorii, údaje o správci, jeho hlavním pracovníku TBD a hlavním pracovníku obsluhy díla, údaje o pověřené organizaci TBD a jejím hlavním pracovníku TBD a dále hlavní termíny pro odeslání hlášení, pro posouzení výsledků hlášení a pro vydávání etapových, resp. souhrnných zpráv.

Obsah TBD se člení do těchto kapitol:

1. všeobecná část
2. přehled kontrolních pozorování a měření, jejich četnost a rozsah, mezní hodnoty
3. pokyny pro obchůzky konané obsluhou díla
4. závěrečná ustanovení

Ve všeobecné části se konstatují dohodnutá rozdělení pracovních činností při výkonu TBD mezi správcem a pověřenou organizací. Uvádějí se rovněž některé specifické provozní stavy a z nich vyplývající měření a pochůzky. Stanoví se jednoznačně den výkonu předepsané provozní činnosti, pokud se obecně uvádí 2x týdně, 1x týdně, 1x za 14 dnů (buď stanovením data, nebo dne v týdnu). Dále se určí, že každé hlášení musí být odesláno nejpozději do 2 dnů po skončení sledování. Také se stanoví lhůty, v nichž je nutné výsledky hlášení vyhodnotit (zpravidla do 14 dnů). Zvlášť jsou rozpracovány pokyny při dosažení mezních hodnot vybraných sledovaných jevů. Zjištění je nutno neprodleně ohlásit hlavnímu pracovníku TBD pověřené organizace. Ten provede prověrku na místě, zavede mimořádná měření, v případě potřeby navrhne opatření pro omezení provozu. Zároveň je předepsaná činnost pro obsluhu díla do doby, než se hlavní pracovník TBD dostaví na objekt. Ve všeobecné části Programu TBD by mělo být popsáno umístění a technická dokumentace nainstalovaných přístrojů a zařízení. Tyto materiály jsou většinou zahrnuty v předchozích dokumentech vydaných TBD, zejména po dokončení výstavby a v závěrečné fázi ověřovacího provozu. Proto se Program TBD pro trvalý provoz na ně většinou odvolává. Přehled pozorování a měření a pokyny pro obchůzky tvoří hlavní náplň Programu TBD. Obsahuje všechny předepsané úkony TBD v souladu s charakterem objektu, existujícími riziky a zabudovanými kontrolními přístroji a zařízeními.

HRÁZE A OBJEKTY MALÝCH VODNÍCH NÁDRŽÍ

Malé vodní nádrže se člení na těleso hráze a na zdrž, tj. území zatopené vodou zadrženu hrází. Hráze nádrží jsou převážně sypané – zemní hráze. Konstrukce hráze závisí na půdně mechanických vlastnostech použitých zemín, podloží hráze, účelu hráze a objektech v tělese hráze. Podle půdorysného uspořádání hráze se navrhují přímé, lomené nebo zaoblené hráze. Ve vztahu k vodní ploše (k zdrži) pak jako čelní, boční nebo dělicí.

Zemní hráze jsou lichoběžníkového příčného profilu. Minimální šířka koruny hráze je 3 m, minimální převýšení koruny hráze nad maximální hladinou je 0,6 m, u méně významných hrází může být menší, minimálně však 0,3 m. Sklon svahů hráze závisí na mechanických vlastnostech použitého materiálu, pohybuje se v rozmezí 1:1,5 až 1:3,5. Typ hráze, její tvar a konstrukce musí splňovat tyto požadavky:

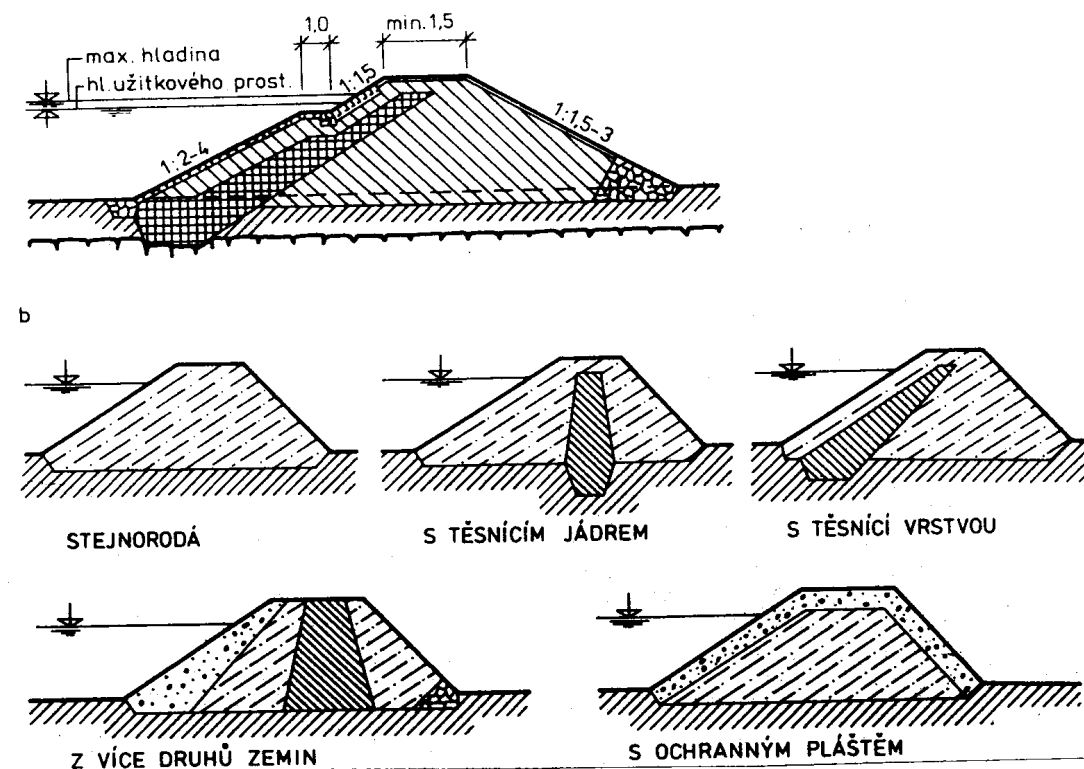
- filtrační stabilitu hráze a podloží s bezpečným a kontrolovaným odvedením průsakové vody. Stanovuje se výpočtem průsakové křivky v závislosti na koeficientu infiltrace použitého materiálu.
- statickou stabilitu tělesa hráze a objektů.
- založení hráze dle výsledků inženýrsko-geologického průzkumu. Musí být zajištěna vodotěsnost základové spáry. V případě nutnosti se odvádí prosáklá voda drenáží.

- návodní stěna hráze se zpevňuje většinou kamenným záhozem proti škodlivým projevům vln vyvolaných větrem.
- opevnění vzdušného svahu osetím travní směsí je vhodné provést jako ochranu před vodní erozí.

S ohledem na průběh průsakové křivky tělesem hráze se navrhují zemní hráze:

- homogenní, které jsou vybudované z jednoho materiálu s malou infiltrací. Vyústění průsakové křivky je v základové spáře.
- nehomogenní hráz má vložené těsnící zařízení, které zamezí průsaku vody hrází na vzdušný svah. Těsnění je buď v ose hráze, je použita nepropustná jílovitá zemina, nebo se pod návodní svah vkládá těsnění, většinou z plastového materiálu.

Na patě vzdušného svahu se pokládá záchytný patní drén.



Obr. 13 Hráze malých vodních nádrží

Funkční zařízení hráze – objekty

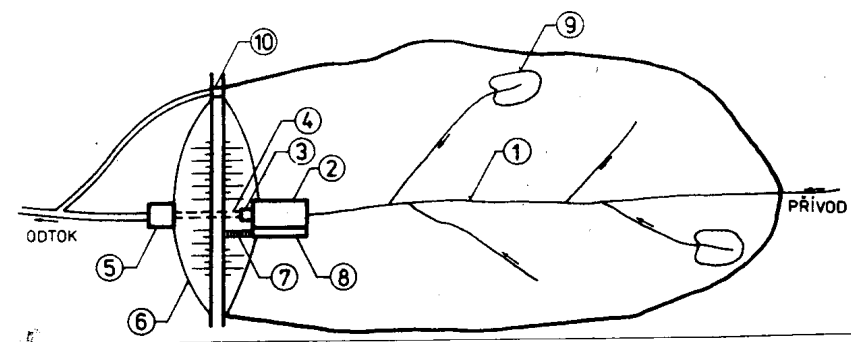
K objektům budovaným na malých vodních nádržích patří:

- bezpečnostní přelivy k neškodnému převedení velkých vod,
- výpustné zařízení,
- odběrná zařízení,
- speciální zařízení sloužící zejména rybářství.

Bezpečnostní přeliv musí být součástí každé malé vodní nádrže průtočného typu. Slouží k ochraně hráze před účinky povodňových průtoků. U obtokových nádrží se bezpečnostní přeliv řeší v relaci s průtočnou kapacitou nápusného zařízení. Nebuduje se u nebeských nádrží. **Navrhují se tyto typy bezpečnostních přelivů:**

- korunové přelivy umístěné v čelní hrázi nádrže,
- boční přelivy,
- kašnové a šachtové přelivy,
- přelivy sdružené s výpustným zařízením.

- 1- hlavní odvodňovací stoka,
- 2- loviště,
- 3- požerák,
- 4- potrubí,
- 5- vývařiště,
- 6- rybníční hráz,
- 7- přístupové schody,
- 8- kádiště,
- 9- odvodnění prohlubní,
- 10- bezpečnostní přeliv.



Obr. 14 Objekty a úprava dna zdrže rybníční hráze

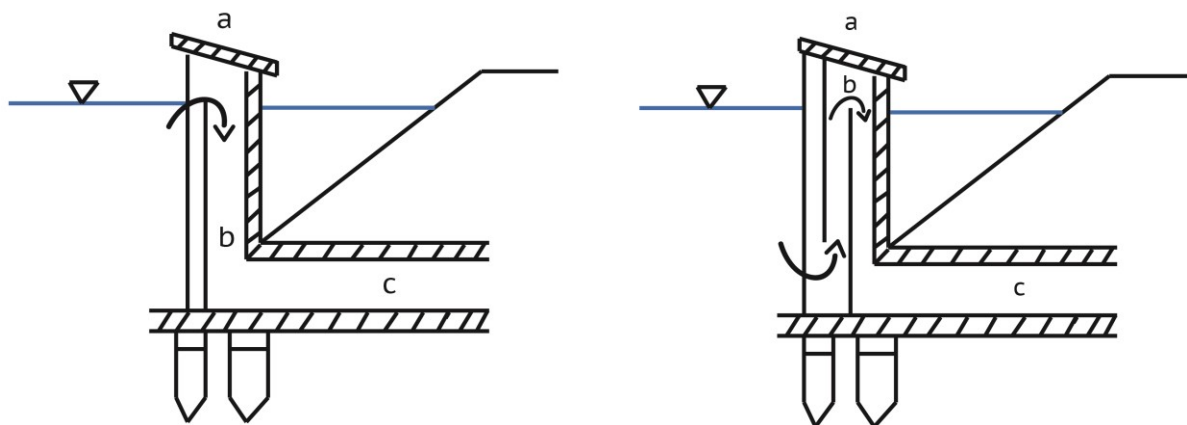
Voda protékající přelivem odtéká do vodního toku. Součástí je tlumicí zařízení, které snižuje energii přepadající vody (vývar). Bezpečnostní přeliv průtočné nádrže se navrhuje na Q_{100} . Hladina vody v nádrži při převádění návrhového průtoku odpovídá maximální hladině vody ve zdrži. Průtočný profil bezpečnostního profilu je nehrázovaný, bez pohyblivých částí, aby nepotřeboval obsluhu. K stavbě bezpečnostního profilu je nejvhodnější kamenné zdivo. Betonové provedení neodpovídá charakteru krajiny a je často poruchové vlivem klimatických výkyvů. Výpustná zařízení malých vodních nádrží slouží k úplnému vypuštění vody ze zdrže. Kapacita výpustí se hydrotechnicky posuzuje, stanovuje se doba potřebná pro vypuštění a parametry prvků výpustného zařízení. Výpustné zařízení slouží k regulaci vodních stavů, provozních hladin vody ve zdrži podle podmínek vodoprávně projednaného provozního a manipulačního řádu. Každé výpustné zařízení se skládá z uzavíracího prvku a zařízení pro odvedení vody tělesem hráze do toku (odpadu pod vzdušným svahem).

Výpustná zařízení jsou:

- otevřená s ovládatelným stavidlem. Je vhodné pro nádrže s hloubkou vody do 4,0 m.
- trubní výpusti odvádějí vodu ze zdrže většinou ocelovým potrubím o minimální světlosti 0,30 m.

Před potrubím se umísťují česle. Množství vypouštěné vody se reguluje uzávěry umístěnými na návodním svahu hráze. **Vyskytují se tyto typy uzávěrů:**

- lopatové nebo šikmé stavidlové uzávěry,
- čapové uzávěry,
- šoupátkové uzávěry,
- stavidlové uzávěry a plochá kanalizační šoupátka,
- požeráky (kbely).



Obr. 15 Jednoduchý požerák / dvojitý požerák
(a. těleso požeráku, b. hradicí stěna z dluží, c. výpustní potrubí)

Požerák je nejčastějším typem uzávěru. Množství vypouštěné vody, resp. regulace hladiny ve zdrži, se řídí výškou odebíratelných dřevěných dluží, umístěných v pevné konstrukci. Jsou dva základní typy požeráků: jednoduchý, který odebírá vodu z hladiny přepadem přes jednu stěnu dluží, eventuálně dvojitý požerák, který má dvě rovnoběžné svislé stěny dluží. Voda se odbírá ze dna požeráku první stěnou dluží a přepadá přes horní dluž druhé stěny. Voda přepadá do potrubí, kterým odtéká pod hrází. Při výtoku vody z výpustného zařízení se umísťuje vývar pro tlumení energie vytékající vody a měrné zařízení, většinou měrný přepad, pro měření průtočného množství. Minimální zůstatkový průtok určuje vodoprávní úřad v souladu s vyhláškou MŽP.

Odběrné objekty slouží k odběrům vody pro její využívání. Technické a vodohospodářské řešení objektů a podmínky manipulace s vodou závisí na účelu odběru. Je podmíněno vodoprávním rozhodnutím o nakládání s vodami a manipulačním řádem. Vždy pro podporu migrace ryb a vodních živočichů jsou součástí objektů malých vodních nádrží rybí přechody (viz TNV 75 2321: Rybí přechody).

Před napuštěním nádrže se upravuje dno zátopy, cílem je vytvořit odtokové podmínky pro úplné vypuštění nádrže. Dno nádrže se urovná a vyspádjuje směrem k hlavní odvodňovací stoce, odstraní se veškeré organické zbytky vytěžených stromů a keřů, i eventuální zbytky staveb.

Upraví se terén při břehové čáře zdrže, kde se vytvoří přirozené podmínky pro vznik litorálního pásma. Toto pásmo tvoří přirozený přechod mezi vodní plochou a bezprostředním okolím zdrže. Sklon svahu je 1:4 až 1:6. Na březích nádrže je vhodné založit doprovodný porost a trvalý travní porost. Tím se sníží přísun splavenin z okolních břehových svahů. Pro udržení požadované funkce nádrže se dno pravidelně odbahňuje, ošetřují se břehové porosty a chrání se vývoj litorálního pásma. Nádrže k chovu ryb – rybníky - se zazimují nebo letní. To upravuje živinný režim vhodný pro intenzivní chov ryb.

Rybí přechody

Součástí revitalizací řek a potoků je obnovení obousměrné migrační prostupnosti koryta. Migrace jsou základním životním projevem a potřebou vodních organismů. Podpora migrace se týká především ryb a mihulovců. Ryby v českých a moravských řekách, které migrují, lze rozdělit do tří skupin. Anadromní druhy prožijí většinu života v moři a do sladkých vod migrují kvůli rozmnožování. Z naší ichtyofauny je to především losos obecný a pstruh mořský. **Program repatriace lososa obecného** do Labe uskutečňuje od roku 1998 Český rybářský svaz. Katadromní druhy mají opačný cyklus. Vytírají se v moři, ale dospělci žijí ve sladkých vodách. U nás se vyskytuje pouze úhoř říční. Třetí skupina zahrnuje potamodromní druhy, které lokálně migrují několik desítek kilometrů. Jsou nejpočetnější skupinou a z původních druhů sem patří pstruh obecný forma potoční, parma obecná, podoustev říční, ostroretka stěhovavá, ouklej obecná, jelec tloušť, jelec jesen, mník jednovousý atd. Nejrozšířenější migrací je třecí migrace, při níž ryby hledají vhodný substrát a fyzikální a chemické vlastnosti vody pro uložení a vývoj jiker a pro úspěšné přežití plůdku a juvenilních stádií potomstva. Dalším typem jsou potravní migrace, které bývají spojeny se sezónními migracemi.

Ještě na přelomu 19. a 20. století vystupovali lososi, pstruzi a úhoři do horních partií Labe a jeho přítoků. **Potom byla migrace postupně omezována výstavbou vodních děl na Labi.** Příkladem je zdymadlo na Střekově v Ústí nad Labem. Rekonstrukce rybího přechodu (RP) na vodním díle Střekov byla dokončena v srpnu 2002, kolaudace proběhla v září 2002. Rybí přechod je podle TNV 75 2321 část vodního díla umožňující rybám přechod

z dolní do horní vody a naopak. K rybímu přechodu patří: vábíci zařízení, vstup rybího přechodu, sběrné kanály, výstup rybího přechodu a odpuzovací zařízení. Rybí přechody se navrhuje na vodních tocích za účelem zprůchodnění vodních děl pro ryby. Zajišťují tedy druhovou diverzitu ichtyofauny. Rybí přechod by měl fungovat celoročně. Před stavbou rybochodu se kromě jiných podkladů shromáždí ichtyologické údaje o druhové skladbě ryb, jejich velikosti a o migračních schopnostech.

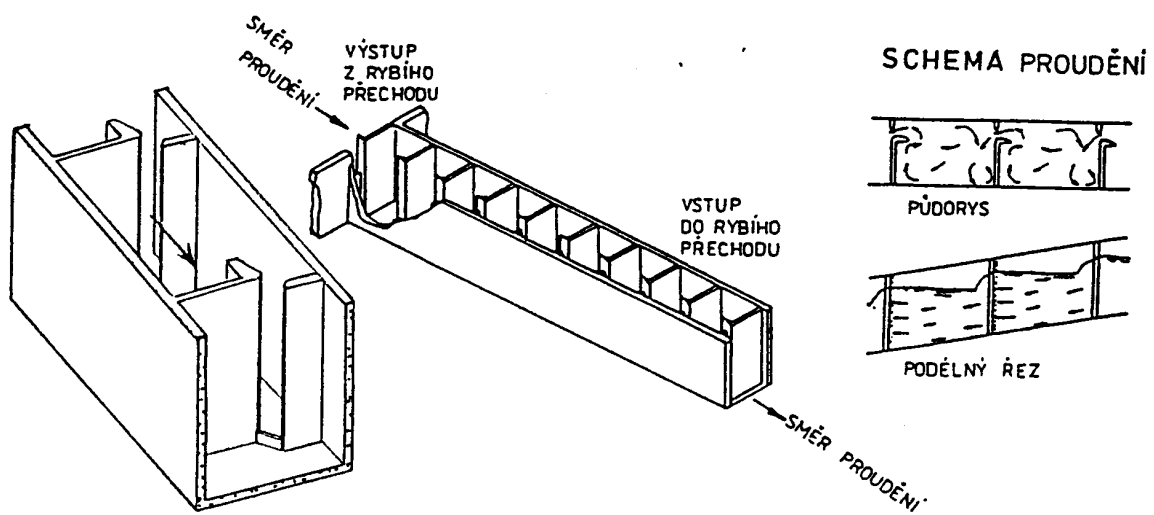
Vstup do rybího přechodu má být umístěn tak, aby u něj bylo zajištěno vábení ryb. K vábení ryb slouží proud vody vytékající z rybího přechodu. Vábení ryb je možné zvýšit dodáním přídatné vody. Výtoky z vodních elektráren vábí ryby, proto je vhodné budovat rybí přechody těsně vedle výtoku z elektrárny. Je ale nutné zabránit rybám plout k turbinám, např. instalací elektrické zábrany, bublinkové clony, ultrazvukové clony apod. Doporučuje se u výtoku z rybího přechodu podpořit vábení ryb difuzními systémy, které rozprostírají vodní paprsek do šířky. Vstup rybího přechodu se navrhne v místě největšího průchodu ryb. Návrh by měl uvážit trasy, kterými se ryby k přechodu přibližují. Vstupy rybích přechodů se často umísťují u břehových linií vodního toku, kde jsou jednoduché přístupy při výstavbě, provozu a údržbě. Budují se obvykle u jednoho břehu.

Toto řešení je vhodné pro většinu druhů ryb. Ryby se při své migraci orientují podél břehů, a to platí i při velkých vodách. V odůvodněných případech se budují rybí přechody podél obou břehů. U vstupů do rybího přechodu se nemají vyskytovat víry, protože ztěžují nalezení vstupu do rybího přechodu. U vstupu do rybího přechodu nesmí být limnigrafy a další překážky, které by ryby dezorientovaly. Ryby nejsou schopné se vracet po proudu a znovu pátrat po vstupu do rybochodu. Návrh výstupu rybího přechodu do horní vody musí respektovat skutečnost, že ryby vstupují do nového prostředí, v němž nesmí být ničím dezorientovány. Proto zde nemají být mříže, česle a limnigrafy.

TYPY RYBÍCH PŘECHODŮ

ŽLABOVÝ RYBÍ PŘECHOD SE SVISLÝMI ŠTĚRBINAMI

Tento rybí přechod je tvořen nakloněným žlabem, opatřeným vestavěnými příčkami nebo výstupky různého tvaru. Podélný sklon žlabu je 10 %. Rozdíl hladin mezi po sobě jdoucími bazénky se doporučuje do 0,2 m pro sladkovodní ryby a do 0,3 m pro lososa. Šířka žlabu nemá být menší než 1,2 m pro sladkovodní ryby a 1,8 m pro lososa. Šířka štěrbin nemá být menší než 0,15 m až 0,17 m pro sladkovodní ryby a 0,3 m pro lososa. Vzdálenost mezi příčkami nemá být menší než 1,9 m pro sladkovodní ryby a 2,75 m až 3 m pro lososa. Hloubka vody ve žlabu nemá být menší než 0,5 m pro sladkovodní ryby a 0,75 m pro lososa. Odpočívací nádržky se doporučují po 5 m až 10 m délky přechodu pro sladkovodní ryby a po 10 m až 15 m pro lososa.



Obr. 16 Žlabový přechod se svislými štěrbinami (TNV 75 2321)



Obr. 17 Žlabový rybí přechod, Halistenkoski, řeka Aura, Finsko (Marenčák)

KOMŮRKOVÝ RYBÍ PŘECHOD

Komůrkový rybí přechod je vytvořen z řady za sebou stupňovitě upravených komůrek, které jsou od sebe vzájemně odděleny příčkami se střídavými otvory u dna a výřezy u hladiny, kterými proudí voda, a proplouvají ryby. Rozdíl hladin mezi po sobě jdoucími komůrkami se doporučuje do 0,2 m pro dospělé sladkovodní ryby a do 0,3 m pro dospělého lososa. Sklon komůrkového rybího přechodu se doporučuje 10 %. Zmenšením průměrného podélného sklonu dna žlabu z 10 % na 5 % lze při menších průtocích a bez přepadu přes přepážky dosáhnout snížení rychlostí vody o 15–25 %. Vnitřní šířka komůrek nemá být menší než 1-1,5 m pro sladkovodní ryby a 1,5-2 m pro lososa. V pstruhových vodách se připouští nejmenší šířka 0,5 m. Vnitřní délka komůrek nemá být menší než 1,4-2 m pro sladkovodní ryby a 2,5-3 m pro lososa. V pstruhových vodách se připouští nejmenší délka 1 m. Nejmenší hloubka vody v komůrce se doporučuje 0,8 m pro sladkovodní ryby a 1,2 m pro lososa. Nejmenší šířky a výšky výřezů jsou 0,15 m pro sladkovodní ryby a 0,3 m pro lososa. Odpočívací nádržky se navrhuje po 5–7 komůrkách. Otvory u přepážek komůrkových rybích přechodů umožňují průchod některým druhům ryb. U malých objektů slouží pouze k odvodnění. Doporučuje se opatřit přepážky komůrkových rybích přechodů hlubokými obdélníkovými výřezy u hladiny, které zajišťují snížení průtoku otvory pod 25 % a zabraňují rozkolísání hladin mezi jednotlivými komůrkami při ucpání otvoru u dna. Výřezy a otvory mohou mít jiný tvar a mohou být zaobleny. Příkladem je komůrkový rybí přechod (27 komůrek) na zdymadle Střekov vybudovaný v roce 2002 (říční kilometr 40,361), který je u nás svým významem a technickým řešením ojedinělý. Má délku 253 m a je rozdělen na tři části, které se od sebe technicky liší. První část je železobetonová, nachází se na levém břehu Labe a je rovnoběžná s řekou. Druhá část je z ocelové konstrukce. Je umístěna u budovy elektrárny kolmo na tok a tvoří ji ocelový žlab se čtyřmi sklopnými přepážkami, sloužícími k úpravě průtoku žlabem při povolené toleranci horní hladiny. Třetí část tvoří upravený železobetonový žlab původního RP. Rozdíl horní a dolní vody je 6,4 – 8,5 m. V nábrežní a opěrné zdi byly uměle vytvořeny otvory pro hníždění břehule říční.



Obr. 18 Komůrkový rybí přechod na Labi na zdymadle Střekov (Ústí nad Labem)



Obr. 19 Pozorovatelna na RP Střekov pro sledování migrace ryb

PROPUSTKOVÉ RYBÍ PŘECHODY

Propustkové rybí přechody se uplatňují při křížení potoků s komunikacemi. Pokud propustek přímo navazuje na dno potoka, slouží jako rybí přechod k průchodu ryb. Podélný sklon je 0,5-5 %.

RYBÍ KOMORY A ZDVIŽE

Pro překonání spádu i několika desítek metrů lze navrhnout rybí přechody v podobě malých plavebních komor o vysokém spádu, které se střídavě plní a prázdní. Existují také zdviže s vanou obsahující vodu, do níž jsou ryby vábeny. Zdviž se pohybuje nahoru a dolů a dopravuje ryby.

OBTOKOVÉ RYBÍ PŘECHODY – TZV. BY-PASS (TNV 75 2321)

Tvoří vlastně nové koryto toku umístěné v blízkosti řeky (jezu). Tento typ přechodu umožňuje překonat vodní dílo relativně velkému počtu ryb. Podélný sklon kanálu se doporučuje 1 %, šířka kanálu 2 m. Dno se opatří kameny velikosti 0,5 m ve vzdálenostech po 2 m. Pro sladkovodní ryby vyhovuje šířka 0,8-1 m s kameny velikosti 0,3 m, položenými střídavě v pravé a levé polovině dna. Hloubka vody v přechodu nemá být menší než 0,6 m pro sladkovodní ryby a 1,2 m pro lososa. Odpočívací nádržky mají být po 80 –100 m délky přechodu. Obtokové kanály jsou velice vhodným krajinářským opatřením a nejlépe ze všech typů rybích přechodů "zapadají" do krajiny.

KARTÁČOVÉ RYBÍ PŘECHODY

Novým typem rybích přechodů jsou rybí přechody, kde jsou přepážky tvořeny kartáči (trsy pevných, pružných strun), v Německu známé jako „Borsten-Fisch-Paß“ (Bristle-fish-way). Jejich výhoda spočívá v možnosti využití rybochodu i pro vodácké aktivity (může přes něj přeplout kajak, kanoe). Vynálezcem tohoto rybiho přechodu je Dr. Ing. Reinhard Hassinger, Universität Kassel (obr. 20).

MIGRAČNÍ ZAŘÍZENÍ V MALÝCH VODNÍCH TOCÍCH (TNV 75 2322)

Účelem výstavby migračních zařízení v malých vodních tocích je obnova a zajištění oboustranné průchodnosti přes migrační bariéry ve vodním toku. Migrační zařízení je vhodné zřízovat v místech, kde při Q_{33od} je v migračním zařízení výška vodního stavu h_{min} 0,15 m. Jakost vody musí vyhovovat požadavkům vodní bioty pro obecné ukazatele kyslíkového režimu toku (CHSK, BSK, rozpuštěný kyslík) a amoniakální dusík. Ichtyolog vyhodnotí výsledky biologického průzkumu a navrhne základní parametry migračního zařízení.



Obr. 20 Kartáčový RP, Doebritschen, Thuringia, řeka Saale
(Hydrolaboratoř Schleusingen, W. Schmalz)

Návrh migračních zařízení

V návrhu je nutné zajistit propojení úseků nad a pod migrační bariérou (příčným objektem) k zajištění obousměrné migrace. Výběr typu migračního zařízení závisí na konkrétním stanovišti, rybím společenstvu, vlastnických vztazích a technických možnostech. Vhodným typem jsou obtokové kanály (paralelní koryta), které zajišťují podmínky blízké poměrům v přirozeném toku. V obtokovém kanálu se dosáhnou stále průtoky bez dalších nákladných úprav ve vlastním toku. Vzhledem k menším prostorovým rozměrům koryta malého vodního toku a šířce koryta obtokového kanálu není závažným problémem vábící proud u vstupu.

Pro malé vodní toky jsou vhodné:

- obtokové kanály (paralelní obtokové koryto, by-pass),
- zdrsňený skluz,
- peřejnatá sekce, balvanitá rampa.

→ Obtokové kanály

Jsou vhodné zejména pro zajištění migrační průchodnosti vyšších příčných objektů - stupňů (jezů). Při výstavbě obtokových kanálů vznikají požadavky na zábor části údolní nivy, aby bylo možné vyhloubit paralelní koryto jako obtok příčné překážky na vodním toku. Jedná se o výstavbu souběžného koryta se zabezpečením stále vodní hladiny a požadované nižší průtokové rychlosti. Příčný profil nemá být prizmatický. Pro rozvolnění proudnice v obtokovém kanálu se doporučuje vkládat místy kameny, valouny a balvany, jejichž velikost musí být vždy v relaci s velikostí toku a se zabezpečením proti posuvu nebo pohybu. Mezi těmito volně vloženými prvky musí být ponechány štěrbin (mezery) odpovídající svou šířkou druhům ryb.

Vstup do migračního zařízení musí být z podstupňového vývaru anebo bezprostředně pod migrační bariérou. Výstup z migračního zařízení musí rybám umožňovat bezproblémové opuštění zařízení. Delší obtokový kanál by měl mít vybudovaná odpočinková místa (malé nádrže, tůně). Šířka dna má být minimálně 0,5 m. Nejmenší hloubka tůň má být 0,3 m pro pstruhové vody a 0,5 m pro mimopstruhové vody.

→ Zdrsňené skluzy

Zdrsňené skluzy se člení na skluzy balvanité, skluzy z kamenného pohozu a skluzy komůrkové. Opevnění dna koryta pod skluzem má být dostatečně dlouhé (podle výšky skluzu 3–5 m). Toto opevnění se provede z materiálu o stejné velikosti zrna jako v tělese skluzu. Přejít mezi opevněním skluzu a neopevněným dnem se provádí hrubým šterkem na délku 3–5 m, především v patě svahů. Balvanité skluzy mají vlastní těleso skluzu vybudováno ze zaklínovaných kamenů, zapuštěných jednou třetinou svého objemu pod niveletu dna. Na začátku a na konci skluzu je vhodné umístit stabilizační prahy. Balvanité skluzy jsou vhodné k vyrovnání větších sklonů v niveletě dna. Pod balvanitým skluzem je vhodné umístit tůň (utlumení zvýšené kinetické energie vodního proudu, klidové místo pro ryby). Skluzy z kamenitého pohozu se používají v malých vodních tocích s malým výškovým rozdílem v niveletě dna a pro krátké úseky. Komůrkový kamenný skluz má nejvhodnější konstrukci z hlediska uspořádání vodního biotopu. Skluz je ve spádu formován do komůrek ohraničených kameny (valouny) a které jsou stabilizované v podloží. Valouny jsou ukládány stupňovitě v určitém sklonu. Mezi valouny jsou ponechány mezery pro průtok vody a pohyb ryb. Tento skluz je vhodný pro mihuli potoční.

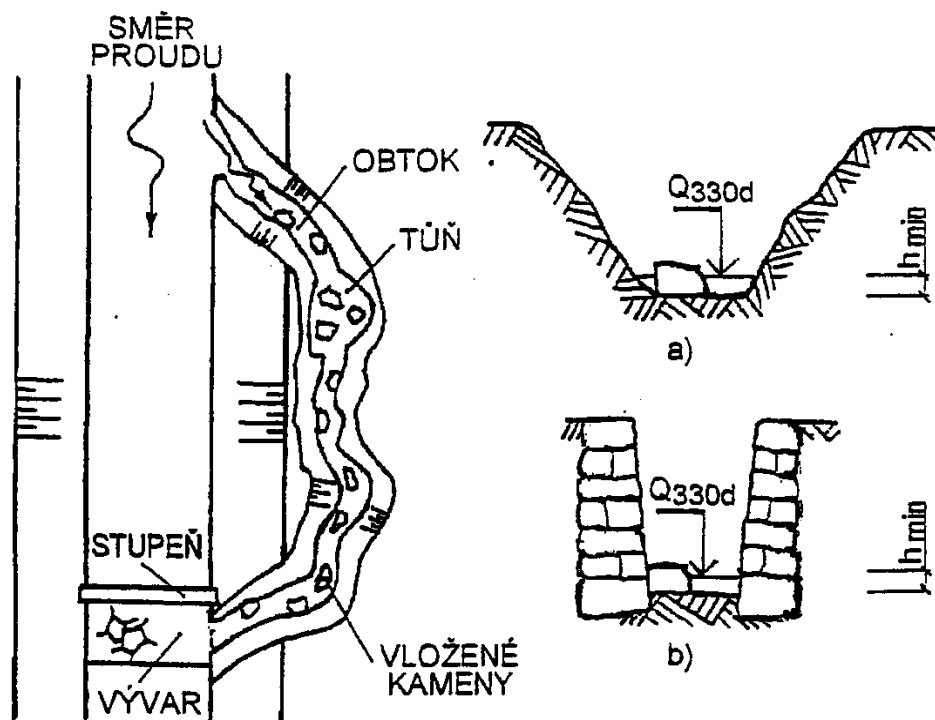


Schéma přírodě blízkého migračního přechodu
v provedení jako obtokový kanál

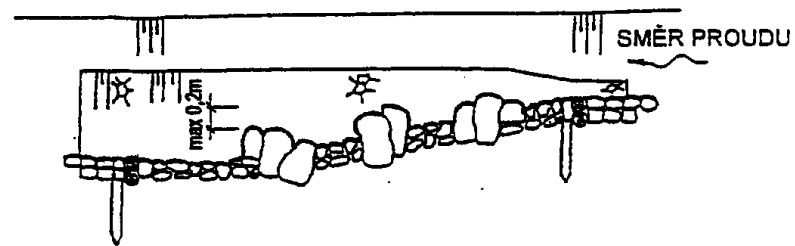
a) Příčný řez ve formě zemního koryta

b) Příčný řez obtokového kanálu postaveného
v zídkách s přirozeným dnem

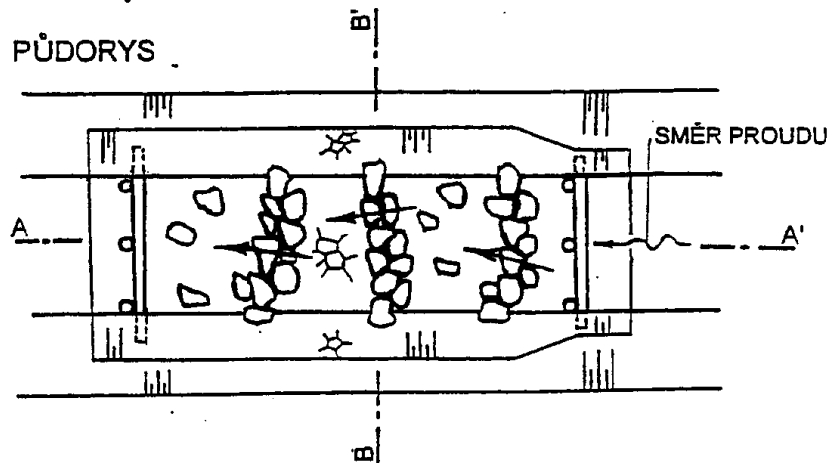
Obr. 21 Obtokový kanál (TNV 75 2322)

Největší rychlost proudění vody u dna by neměla překročit $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a střední rychlost proudění vody v migračním zařízení je optimální $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

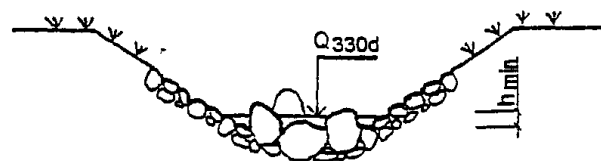
ŘEZ A-A'



PŮDORYS



ŘEZ B-B'



Komůrkový kamenný skluz pro malé vodní toky

Obr. 22 Komůrkový kamenný skluz (TNV 75 2322)

DĚLKA TOKU OD PRAMENE		
Do 10 km	10–20 km	20–40 km
Pstruhové společenstvo	Pstruhové společenstvo	Pstruhové společenstvo
Pstruh obecný (<i>Salmo trutta m. fario</i>)	Pstruh obecný (<i>Salmo trutta m. fario</i>)	Pstruh obecný (<i>Salmo trutta m. fario</i>)
Střevle potoční (<i>Phoximus phoximus</i>)	Lipan podhorní (<i>Thymallus thymallus</i>)	Lipan podhorní (<i>Thymallus thymallus</i>)
Vranka obecná (<i>Cottus gobio</i>)	Střevle potoční (<i>Phoximus phoximus</i>)	Střevle potoční (<i>Phoximus phoximus</i>)
Vranka pruhoploutvá (<i>Cottus poecilopus</i>)	Vranka obecná (<i>Cottus gobio</i>)	Vranka obecná (<i>Cottus gobio</i>)
Mřenka mramorovaná (<i>Barbatula barbatula</i>)	Vranka pruhoploutvá (<i>Cottus poecilopus</i>)	Hrouzek obecný (<i>Gobio gobio</i>)
Mihule potoční (<i>Lampetra planeri</i>)	Mřenka mramorovaná (<i>Barbatula barbatula</i>)	Mřenka mramorovaná (<i>Barbatula barbatula</i>)
	Mihule potoční (<i>Lampetra planeri</i>)	Mihule potoční (<i>Lampetra planeri</i>)
	Hrouzek obecný (<i>Gobio gobio</i>)	Ouklejka pruhovaná (<i>Alburnoides bipunctatus</i>)
Mimopstruhové společenstvo	Mimopstruhové společenstvo	Mimopstruhové společenstvo
Jelec tloušť <i>Leuciscus cephalus</i>	Jelec tloušť <i>Leuciscus cephalus</i>	Plotice obecná <i>Rutilus rutilus</i>
Střevle potoční <i>Phoximus phoximus</i>	Jelec proudník <i>Leuciscus leuciscus</i>	Jelec tloušť <i>Leuciscus cephalus</i>
Hrouzek obecný <i>Gobio gobio</i>	Parma obecná <i>Barbus barbuis</i>	Jelec proudník <i>Leuciscus leuciscus</i>
Mřenka mramorovaná <i>Barbatula barbatula</i>	Hrouzek obecný <i>Gobio gobio</i>	Ostroretka stěhovavá <i>Chondrostoma nasus</i>
Mihule potoční <i>Lampetra planeri</i>	Ouklejka pruhovaná <i>Alburnoides bipunctatus</i>	Parma obecná <i>Barbus barbuis</i>
	Mřenka mramorovaná <i>Barbatula barbatula</i>	Hrouzek obecný <i>Gobio gobio</i>
		Ouklejka pruhovaná <i>Alburnoides bipunctatus</i>
		Mřenka mramorovaná <i>Barbatula barbatula</i>
		Mník jednovousý <i>Lota lota</i>

Tab. 4 Přehled charakteristických druhů ryb pro pstruhová a mimopstruhová společenstva
TNV 75 2322

ODVODNĚNÍ PŮD

Odvodnění půd, stavenišť, sportovišť, ploch skládek odpadů, aj. patří mezi vodní díla. Vyžaduje úplné vodoprávní řízení. V našich podmínkách se dominantně uplatnilo odvodnění zemědělských půd. Meliorační stavby byly definovány v zákoně o vodách a upřesněny vyhláškou MZe ČR č. 225/2002 Sb. o podrobném vymezení staveb k vodohospodářským

melioracím pozemků a jejich částí a způsobu a rozsahu péče o ně. Cílem odvodnění je odvedení přebytečného množství vody ze zamokřených pozemků. Důsledkem je snížení vysoké hladiny podzemní vody na požadovanou úroveň pod povrchem půdy podle nároků pěstovaných plodin i pro vytvoření podmínek pro zakládání staveb, užívání ploch sportovišť atd. Odvodnění půd má v našich zemích dlouholetou tradici. **Začátky odvodňování zemědělské půdy počínají v 2. polovině 19. století.** O jejich prospěšnosti pro pěstitele nebylo pochyb. Stabilizovaly výnosy pěstovaných plodin, zejména cukrové řepy, vojtěšky, ale i chmele, ovocných sadů. Předpokladem příznivého uplatnění je, že odvodňovací stavba byla provedena na podkladě kvalifikovaného průzkumu v zájmové oblasti, že byla prokázána její potřeba, rozsah, účinek, včetně posouzení vlivu na hydrologické poměry v území a dopady na životní prostředí (viz ČSN 75 4100 Průzkum pro meliorační opatření na zemědělských půdách a ČSN 75 4102 Pedologický průzkum pro meliorační opatření). Při rozhodování o provedení odvodňovacího zařízení se přihlíží k širším zájmům v krajině. Pokud je ve veřejném zájmu a v zájmu ochrany přírody a životního prostředí zachovat zamokřenou lokalitu, doporučuje se vytvořit podmínky pro založení mokřadu. Je nutné dbát na zájmy jak vlastníka zamokřeného pozemku, tak respektovat zájmy vlastníků sousedních pozemků a nemovitostí, aby jim nevznikla újma. Návrh, výstavba, eventuálně rekonstrukce odvodnění vymezují ustanovení ČSN 75 4200 Hydromeliorace - Úprava vodního režimu zemědělských půd odvodněním a ČSN 75 4210 Hydromeliorace - Odvodňovací kanály. Údržba odvodňovacích zařízení je řešena TNV 75 4922.

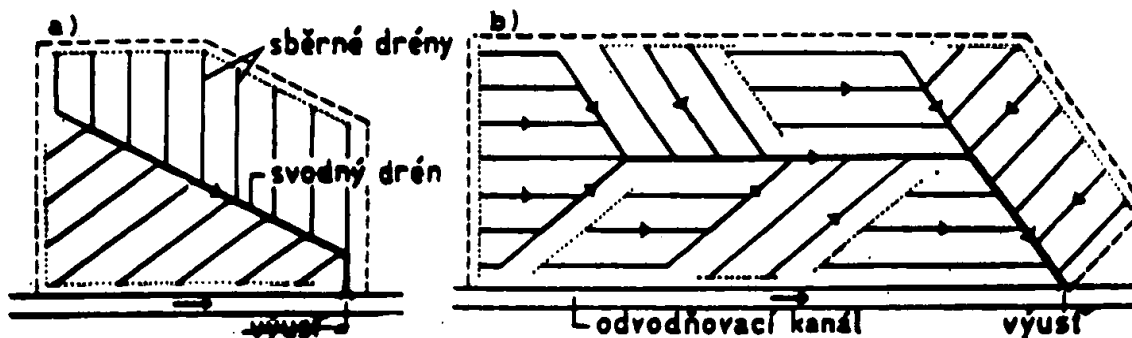
Zamokřené půdy jsou zcela nasyceny nebo povrchově zaplaveny vodou. Hladina podzemní vody dosahuje nebo se blíží povrchu půdy a ovlivňuje kořenový systém rostlin. Půdní vlhkost odpovídá hodnotě maximální vodní kapacity, tj. pórovitosti půdy. Vzdušná kapacita je rovna nule. Způsob odvodnění je závislý na příčinách zamokření. Ty se prokazují výsledky provedených průzkumů. Nadbytečné, škodlivé množství vody na pozemku lze určit bilančním vztahem, dle kterého vyplývá, že zvýšení zásoby půdní vody je vyvoláno vyššími příjmovými složkami, tj. úhrnem srážek, přítokem povrchové a podpovrchové vody, infiltrací vody zadržené v retenčních prostorách na povrchu půdy. Ztrátové složky, zejména evapotranspirace a odtoky, jsou nižší. Hydrologická bilance na pozemku je kladná. Dochází k akumulaci půdní vody, k zvýšení hladiny podzemní vody až k povrchu pozemku.

Odvodnění půd je soubor opatření k úpravě vodního a vzdušného režimu zamokřených půd pro jejich rentabilní využívání. Odvodněním lze zlepšit i ekologickou stabilitu území, estetické, kulturní a přirozené hodnoty krajiny. Odvodnění půd se neprovádí jen na zemědělských půdách, ale také na staveništích, sportovištích. Zajišťuje ochranu podzemních vod pod skládkami a úložišti atd. Na zemědělských půdách v ČR bylo odvodněno 1 087 539 ha, tj. 25,4 % zemědělského půdního fondu ČR.

K zachycení a odvedení vnějších povrchových a podpovrchových vod (tzv. cizích vod) se navrhuje záchytné příkopy a drény. Umísťují se obvykle na hranicích zájmového území tak, aby zachytily přitékající vody a zabránily zaplavení pozemků. Převládajícím způsobem plošného odvodnění zemědělské půdy je systematická trubková, horizontální drenáž. Její existenci v krajině lze zjistit podle umístěných drenážních šachtic (betonové skruže na pozemcích), drenážních výustí v březích převážně upravených, zahluubených koryt toků i uměle vybudovaných odvodňovacích kanálů. Odvodňovací stavba se člení na hlavní odvodňovací zařízení „kostru“ a na podrobné odvodňovací zařízení „detail“ (viz obr. 23).

Hlavní odvodňovací zařízení bylo v majetku státní organizace Zemědělské vodohospodářské správy. Ta se transformovala na státní podniky Povodí a Lesy ČR. Patří sem především zařízení k odvedení vody odtékající z výustí drenážního systému, tj. "odpady" někde i přečerpávací stanice a záchytné příkopy, které zachycují a neškodně odvádějí vnější povrchové i podpovrchové „cizí“ vody. Ty se vyskytují většinou při přechodu svahů do roviny, podél vodních toků a nádrží.

Podrobné odvodňovací zařízení, tj. plošně rozmístěná horizontální trubní drenáž s objekty (drenážní šachty, výusti) jsou v majetku vlastníků dotčených pozemků. Vlastník pozemku je ze zákona povinen pečovat o podrobné závlahové zařízení, provádět potřebnou údržbu tak, aby byla uchována odvodňovací funkce zařízení. Podpovrchová drenáž je uspořádána do drenážních skupin a drenážních souřadů. Odvodňovací funkce vodorovné trubní drenáže závisí na fyzikálních a hydropedologických vlastnostech zamokřených půd. Uložením drenážního potrubí sběrných drénů se snižuje hladina podzemní vody na požadovanou hloubku pod terénem.



Obr. 23 Uspořádání systematické drenáže
a) drenážní skupina tvořená jedním souřadem,
b) drenážní skupina tvořená více souřady

Drenáž se člení na sběrné drény a svodné drény. Sběrné drény vyvolávají odvodňovací efekt, působí na snížení hladiny podzemní vody na požadovanou hloubku pod terénem. Hladina podzemní vody vytváří mezi sousedními drény tzv. depresní křivku. Průběh depresní křivky je závislý na hydropedologických vlastnostech půdního profilu, na hydraulické vodivosti půdních vrstev. Určuje základní technické parametry systematické drenáže: hloubku uložení sběrných drénů a jejich rozchod.

Navrhování těchto parametrů je závislé na typu drenážního proudění. Ustálené proudění je prouděním trvalým, kdy drenáž je stále sycena přebytečnou půdní vodou. Při neustáleném drenážním proudění probíhá odvodnění po dočasném nasycení půdy vodou. U tranzientního proudění dochází k dalšímu zásobování nasyceného půdního profilu vodou během probíhajícího odvodňovacího procesu (nastává složitý kmitavý pohyb hladiny podzemní vody). V projektové praxi vybudovaných odvodňovacích staveb převládala metoda vycházející ze zrnitostních rozborů půdního profilu, z intenzity odvodnění, tj. doby, během které bylo zapotřebí odvést snížení hladiny podzemní vody. To závisí na citlivosti jednotlivých plodin na délku zamokření a z toho vyplývající dobu, během které se musí přebytečná voda, hladina podzemní vody, snížit na přípustnou hloubku pod povrchem. Pohybuje se v rozmezí od 2 dnů (zeleniny, brambory) až po dobu 10 dnů (travní porosty). Sběrné drény o profilu většinou 0,05 m se pokládají v malých spádech. Dříve se užívaly drenážní trubky z pálené hlíny o délce 0,33 m, v posledním období se pokládalo plastové potrubí s otvory (flexibilní potrubí). Svodné drény odvádějí drenážní vodu. Umisťují se do nejnižších poloh odvodňovaného území, jejich profil se mění v závislosti na velikosti sběrné plochy. Minimální světlost je 0,08 m. Na svodných drénech a v místě křížení (při změně nivelety) se nacházejí drenážní šachty, které slouží i pro kontrolu a údržbu drenáží. Svodný drén je ukončen drenážní výustí v břehu recipientu. Plošná drenáž je uspořádána do souřadů s jedním svodným drénem a do skupin,

kteřou tvořĩ více propojených souřadů. Svodné drény jsou vyvedeny do recipientů (potoků). Pro odvodnění lokálního zamokřeni, podchyceni pramenných vývěřů, se volí sporadická, ojedinělá drenáž. Je tvořena buď jen svodným drémem, nebo malým drenážním souřadem. Tento způsob odvodnění by měl mít přednost. Je vhodné k systematické drenáži přistoupit, až když se sporadická drenáž plně neuplatní. Odvodnění půd má své kladné i záporné stránky. Ty je třeba vždy objektivně a odborně posoudit na podkladě místního šetření a hodnocení.

Účinky odvodnění jsou:

- na odvodněných půdách se příznivě upravuje vztah mezi vzdušným a vodním režimem půd, podporuje se tvorba produktivních výnosů plodin a kultur, umožňuje se možnost včasného a kvalitního zpracování půd, prodlužuje se délka vegetačního období plodin,
- odvodněná půda má příznivější tepelný režim, zlepšují se podmínky pro rozvoj půdního edafonu,
- snížení hladiny podzemní vody, uvolnění zejména gravitačních pórů a preferenčních cest pro infiltraci srážek do půdy zvyšuje retenční prostor půd, což vede k retardaci povrchového i podpovrchového odtoku, k prodloužení doby doběhu vody v povodí, a tím k snížení kulminace vodních stavů v toku,
- na odvodněných půdách se zvyšuje proces mineralizace organických látek v ornici, transportní procesy drenážní vody v půdním prostředí zvyšují vyplavování minerálních látek, zvl. dusičnanů i polutantů do drenážních vod, a tím do povrchových vod v recipientech,
- výše uvedené zásahy jsou dnes odbornou veřejností označovány jako antropogenní tlak v krajině.

Plošná drenáž byla často zřizována na nevhodných lokalitách. Stala se tak negativním prvkem v hodnocení ekologické stability území. Narušila zejména pramenné oblasti v horských a podhorských oblastech. V současnosti je zapotřebí řešit jejich revitalizaci. Útlum zemědělství v posledním období nevyvolává potřebu výstavby nových odvodňovacích staveb. Dříve vybudovaná zařízení ztrácejí pro majitele i nájemce půdy význam. Vlivem zanedbané údržby hlavních, ale především podrobných odvodňovacích zařízení dochází k omezování až k zastavení funkčnosti. Důsledkem je vznik sekundárně zamokřovaných lokalit zemědělské půdy, neboť k poškozeným, nefunkčním úsekům, zejména svodných drénů a objektů na nich, přitéká drenážní voda z výše položených drenážních skupin. Proto je nutné řešit nápravná opatření.

Jsou možné tyto varianty řešení:

1) Využití samovolného procesu stárnutí k likvidaci drenážních systémů. Při tomto řešení se vždy projeví následné zamokřeni pozemku nebo jeho částí. Je doporučováno především na ploše odvodněných údolních niv s trvalým travním porostem, na ploše v pramenných podhorských a horských oblastech. Je třeba odborně zvážit způsoby hospodaření na těchto pozemcích.

2) Cílevědomé vyřazení drenáže z funkce. K tomuto řešení je možné přistoupit při zváženi všech vyvolaných důsledků a na podkladě návrhu revitalizace celého odvodněného území.

Náklady na technické přerušeni tras drenážního potrubí jsou však nákladné. Vždy je třeba posuzovat dopady na okolní pozemky, aby nedocházelo k jejich následné devastaci.

3) Rekonstrukce a obnova zachování původních funkcí odvodnění půd. To je reálné jen po zváženi ekonomických hledisek vlastníka či uživatele pozemku. Může přicházet v úvahu především v řepářských oblastech, na úrodných půdách s nepříznivým vodním režimem.

Doporučuje se využívat regulační drenážní systémy, které umožňují ovládat drenážní odtoky z dílčích drenážních skupin a souřadů. Vážným problémem melioračních soustav, které byly při restitucích nebo při převezech státní půdy prodejem předány na konkrétní vlastníky je, že nový vlastník nedostává informace o existenci, poloze a funkci drenáže pod pozemkem. Je ze zákona však povinen je nejen strpět, ale i udržovat. Drenážní systémy nemají žádnou účetní hodnotu, neovlivňují úřední cenu pozemku. Postupně dochází k řešení regulace drenážních odtoků z plochy z důvodů racionálního hospodaření s vodou a snížení nežádoucích projevů plošné drenáže. **Doporučuje se zavádět regulační prvky do drenážních systémů**, kterými lze ovládat drenážní odtoky z určitých drenážních souřadů i skupin. Princip je založen na zadržování vody ve svodných drénech a drenážních šachtách, čímž se může zvýšit hladina podzemní vody na nejnižších úsecích depresní křivky. Projevem regulace je zadržování vody v půdě pro případná následná suchá období, kdy může nastat vysušení půdního profilu. Tím se vyvolává dvojčinná funkce plošné drenáže. Pro zavedení tohoto opatření v praxi existuje však mnoho požadavků na stanovištní, zejména spádové poměry drénů. Proto není dosud plošně aplikováno, je však předmětem výzkumných prací.

Pro zavedení regulačních způsobů odvodnění, zejména pro rekonstrukci stávajících systémů, je využitelná TNV 75 4221: Regulace a retardace odtoků na zemědělských pozemcích odvodněných trubkovou drenáží. Hlavním cílem regulace a retardace odtoků z podzemní drenáže na zemědělských půdách je optimalizace vláhového režimu především nevhodně odvodněných půd. To je možné zvýšením retence vody v půdním profilu na odvodněné ploše a snížením intenzity drenážních odtoků.

Způsoby regulačních opatření:

- regulační drenáž,
- retardační plošná drenáž,
- drenáž s regulovaným, ovládaným odtokem,
- podzemní retardace drenážního odtoku,
- regulace odtoku z pramenních jímek,
- omezení až úplná eliminace funkce drenáže.

Odvodňovací zařízení vybudované na nevhodné lokalitě lze velmi obtížně zrušit. Jedním z možných opatření je převedení odvodněné plochy na mokřad s řízeným vodním režimem. Příkladem obnovy mokřadu na ploše odvodněné systematickou drenáží je projekt uskutečněný v CHKO Lužické hory. Obnova mokřadu na Brazilce v CHKO Lužické hory (projekt přeshraniční spolupráce v oblasti ochrany přírody na česko – německé státní hranici). V minulosti bylo odvodněno rašelinné prameniště říčky Svitávky v CHKO Lužické hory v těsném sousedství s Chráněnou oblastí LSG Zittauer Gebirge v Německu. V rámci plošného odvodnění v roce 1988 bylo koryto přítoku Svitávky zahloubeno a napřímáno, byl vyhlouben záchytný příkop podél státní hranice. Veškeré břehové porosty (olšiny) byly vykáceny. I po provedené úpravě zůstalo území na několika místech zamokřené. Pozemek nebyl zemědělsky obhospodařován a postupně zarůstal náletem břízy, borovice, modřínu, vrby a olše. Při botanickém průzkumu zde byly nalezeny zbytky mokřadních rostlinných společenstev včetně ohrožených druhů rostlin. Správa CHKO Lužické hory ve spolupráci s Referátem životního prostředí Zemského okresu Löbau – Zittau připravila projekt obnovy mokřadů na Brazilce, který byl uskutečněn na jaře 1999. Občanské sdružení přátel Lužických hor, které má revitalizované území v pronájmu, zajišťuje následnou péči o území, podřízenou nárokům ohrožených mokřadních společenstev (kosení louky, likvidace nežádoucích dřevin, údržba přehrázek aj.). Průběžně je prováděno měření hladiny podzemní vody a sledování vývoje vegetace. Výsledky sledování v delším časovém horizontu ukáží, do jaké míry byla revitalizace tohoto cenného území úspěšná.

ZÁVLAHY

V nejúrodnějších oblastech České republiky jsou výsledky pěstování plodin prokazatelně závislé na výskytu a časovém rozdělení přirozených srážek. Vláhové deficity plodin způsobují u většiny z nich výnosové deprese (viz rozmístění vláhově deficitních oblastí v ČR). Závlahy plodin jsou jediným účinným vodohospodářským opatřením, kterým lze eliminovat důsledky půdního a následně biologického sucha. Potřeba závlah byla prokázána v nejúrodnějších oblastech ČR.

Ve vláhově deficitních oblastech ČR byly závlahy používány již v 19. století a od počátku 20. st. došlo k jejich technickému zdokonalování. Největší výstavba závlahových soustav, převážně velkoplošných systémů na plochách několika tisíc hektarů, se prováděla v šedesátých až osmdesátých letech minulého století. Tyto závlahové stavby byly na svou dobu velmi moderní a některé jsou v provozu dosud. V roce 1997 byly privatizovány středoplošné a velkoplošné závlahové systémy na celkové ploše 131 543 ha. Původním cílem závlah bylo soustavné zvyšování výnosů plodin v socialistických zemědělských velkopodnicích (JZD, státní statky). Po provedené restituci půdy a restrukturalizaci zemědělství došlo k významné změně uživatelů závlah. Místo několika desítek podniků, hospodaří dnes na zavlažované ploše tisíce rozdílně velkých pěstitelů, drobných pěstitelů, malých zemědělských podnikatelů i větší zemědělské podniky. Tato změna vyvolává potřebu radikální rekonstrukce všech provozovaných závlah tak, aby byla umožněna přístupnost k odběru vody všem. Ekonomické problémy v zemědělství nevyvolávají potřebu zavlažování většiny polních plodin. Zavlažují se plodiny, které bez závlahy nelze pěstovat (zeleniny, rané brambory) a plodiny, které na zavlažování výrazně reagují výnosem (chmel, ovocné kultury, vinná réva na jižní Moravě, ale i polorané brambory). Důsledkem je, že kapacity závlahových systémů nejsou využívány.

Závlahy jsou však nezbytným regulačním vodohospodářským opatřením, které zajišťuje stabilitu výnosů plodin v době prokázánoho půdního sucha. Omezením vodního provozu rostlin se nevyužívá potenciální výnosový potenciál půd a dochází k výnosovým depresím. Pro zemědělce (podnikatele) představují závlahy nezastupitelný stabilizační prvek, zejména v srážkově deficitních ročnících a oblastech. Závlahy se neomezují jen na zemědělskou půdu. Zavlažují se lesní školky, plantáže jahod a bobulovin. Rozšiřuje se zavlažování veřejné zeleně v zastavěných územích, v zahradách obytných budov, kde má především estetický a zdravotní efekt a na sportovištích. Bez závlahy nelze pěstovat okrasné rostliny, zeleninu apod.

Podle potřeby a účelu se závlahy dělí na:

- **Závlahy doplňkové (přídavné)**, které vyrovnávají vláhové deficity rostlin. Vláhová potřeba rostlin není kryta přirozenými srážkami. V klimatických podmínkách ČR i dalších zemích v semiaridním až semihumidním pásmu je to rozhodující účel závlah.
- **Závlahy hnojivé**, které kromě regulace vodního režimu rostlin ovlivňují i živinný režim. Dodávají současně rozpustná hnojiva v potřebném a využitelném množství. Podle původu zdroje závlahové vody a její úpravy se zavádějí závlahy kejdou, močůvkou, závlahy odpadními vodami městskými, dešťovými i předčištěnými vodami z komunálních a průmyslových čistíren. Při používání těchto závlah je třeba sledovat jakost používané vody.
- **Závlahy klimatizační**, které ovlivňují klimatické poměry v okolí zavlažované plochy. Snižují teplotu vzduchu a regulují jeho relativní vlhkost. V obcích a zahradách snižují prašnost a obsah alergických látek ve vzduchu.
- **Závlahy protimrazové**, které při postřiku mikropostřikovačem o malé intenzitě (do 2 mm.hod.⁻¹), umožňují vytvářet v době mrazu ledový povlak na rostlině.

Uvolňováním skupenského tepla tuhnutí chrání rostliny před škodami pozdními mrazy, a to až do teploty -6°C .

- V aridních oblastech, kde dochází k zasolování půd, je možné závlahou promývat půdní profil, tzv. **promyvnými závlahami**.
- **Závlahy zvláštní**, tj. závlahy k jiným účelům. Jsou to např. závlahy ochranné, které rozvádějí na plodiny i roztoky insekticidů, herbicidů. Jejich uplatnění je však velmi omezené.

Zavlažuje se nejen v úrodných nížinných polohách, ale rozšířené je i zavlažování v horských a železných oblastech, kde se využívá voda z tajícího sněhu a ledovců k závlaze pastvin, které mají mělký půdní horizont. Ten v teplém a suchém období rychle vysychá a neposkytuje dostatek biomasy travin pro pastvu dobytka.

VODNÍ EROZE – vodohospodářská opatření protipovodňové ochrany půdy.

Vodní eroze je rozrušování zemského povrchu vodou spojené s přemísťováním a ukládáním uvolněného materiálu. Důsledkem historického průběhu eroze v krajině je vývoje její morfologické charakteristiky, vznik svahových poloh a modelování údolí. Eroze půdy je nepřetržitý přirozený proces, který probíhá stále v rozdílném charakteru, rozsahu a s rozdílnou intenzitou. Kinetickou energii dešťových kapek dopadajících na povrch půdy jsou rozrušovány půdní agregáty a dochází ke kapkové erozi (počátek vodní eroze na svazích).

Erozní procesy se projevují jak na zemědělské a lesní půdě, tak v korytech toků, na svazích komunikací i na ostatních nezastavěných pozemcích.

Vznik a průběh vodní eroze je vyvoláván srážkami, zvláště velkou intenzitou deště, kdy dochází ke vzniku a působení plošného **povrchového odtoku – ronů**. Vodou rozrušené půdní částice jsou přemísťovány, zvyšuje se objem a rychlost odtékající vody a tím i její vymílací energie. Vodou rozrušený povrch půdy je přemísťován a ukládán jako sediment na níže položené pozemky, do koryt toků a zdrží vodních nádrží. Vývoj povrchového odtoku závisí na podmínkách infiltrace vody do půdy v porovnání s intenzitou deště. Půda je způsobilá přijímat povrchovou vodu do stavu plného nasycení všech půdních pórů.

Plošný povrchový odtok přechází k vytváření soustředěného odtoku, který vytváří rýžkovou až brázdovou erozi. Vrcholným projevem soustředěné výmolné eroze je tvorba strží, zářezů v zemském povrchu. Prouděním vody ve vodním toku a bystřinách dochází k proudové erozi v korytě toku.

Vodní erozi nelze zcela vyloučit, je možné ji omezovat na přípustnou míru. Protierozní opatření zpomalují povrchový odtok, zamezují vzniku soustředěného odtoku a neškodně vodu odvádějí do toků.

Při hodnocení potřeby účinných protierozních opatření se stanovuje ohroženost půdy vodní erozí. Návrh je zpracován v ČSN 75 4500 Protierozní ochrana zemědělských půd. Určujícím kritériem pro zavedení protierozních opatření je hodnota průměrné ztráty půdy z plochy 1 ha za 1 rok, která nesmí překročit přípustnou ztrátu půdy dle diferencované mocnosti půdního profilu. **Erodivatelnost půdy** je omezovaná organizačními, agrotechnickými a vegetačními opatřeními. Předpokládá se plnění podmínek dobrého zemědělského a environmentálního stavu (GAEC) stanovených nařízením Rady ES č.73/2009.

Vodohospodářské řešení ochrany území před vodní erozí je založeno na posouzení faktoru erozní účinnosti – erozivitě deště, charakteru a účinnosti povrchového odtoku, vzniku a odvedení soustředěného povrchového odtoku. Výchozím parametrem je určení přípustné délky svahu, tj. poloha na svahu, kde již vzniká soustředěným odtokem rýhová eroze.

Stavebně-technická opatření protierozní ochrany představují záchytné prvky povrchového odtoku:

- Záchytný příkop se zatravněným nebo sedimentačním pásmem, s prvky doprovodné zeleně nad nebo pod příkopy.
- Záchytný průleh doplněný dle potřeby hrázkou a sedimentačním pásem.
- Vsakovací příkop a průleh, drén se zatravněným pruhem, případně doplněný hrázkou.
- Retenční hrázka se vsakovacím pruhem, příkopem, průlehem
- Polní cesta s protierozním prvkem – příkopem, průlehem, vsakovacím drénem
- Úprava mezí jako záchytného prvku se záchytným a odváděcím prvkem nad nebo pod mezí
- Retenční příkopy a retenční průlehy, pro zadržení a snížení rychlosti odtoku ze svahů
- Terasy

Záchytné protierozní prvky se doporučuje doplnit **protierozními nádržemi**, které zachycují nárazové odtoky, akumulují vodu a postupně ji odpouštějí. Tím omezují tvorbu kulminačních průtoků v tocích. Podporují infiltraci nadržené vody do půdy a do podzemních vod, zadržují erozní splaveniny.

Návrh záchytných, svodných a akumulačních prvků se hydrotechnicky posuzuje. Určuje se celkové průtočné množství, rychlost proudění a vodní stav v korytu, případně potřebný druh opevnění.

Pro řešení vodohospodářských prvků protierozní ochrany je nutný terénní průzkum svahů, zjištění přirozených drah soustředěného odtoku a jejich morfologie.

Projekty protierozní ochrany jsou nedílnou částí projektů komplexních pozemkových úprav (KoPÚ), při kterých se navrhují protierozní a vodo-hospodářská zařízení.

Pro navrhování hydrologických opatření se určuje podíl povrchového a podpovrchového odtoku na celkovém odtoku. K tomu se využívá metoda odtokových křivek CN (Janeček, 2002). Jsou také zavedeny simulační modely erozních procesů, které určují časový, epizodní erozní projev jednotlivé přívalové srážky jak pro plochy povodí, tak pro jednotlivý svah. Metoda čísel odtokových křivek (CN) se užívá pro hydrologické výpočty z povodí do 10 km².

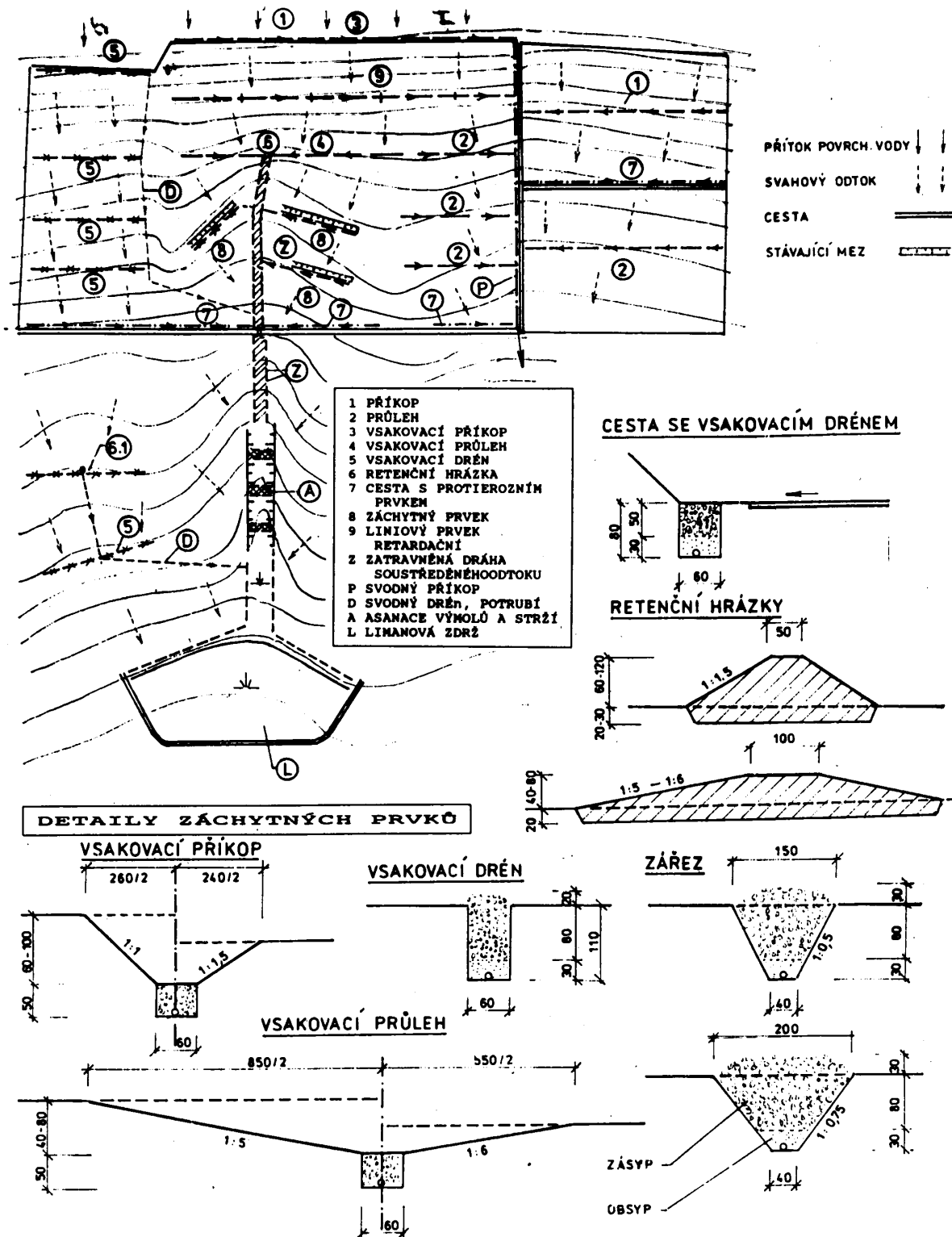
Umožňuje výpočet:

- objemu přímého odtoku pro zadanou výšku deště.
- dobu dobíhání a dobu koncentrace.
- hodnotu kulminačního průtoky pro zadanou výšku deště.

Vodohospodářské prvky protierozní ochrany se v krajině příznivě uplatňují. Především plní základní úpravu srážkoodtokových procesů na svazích. Omezují podmínky pro vznik soustředěného povrchového odtoku v členitém terénu a vodu neškodně odvádějí. Posilují

transformaci přímého odtoku do zásob podzemních vod, omezují podmínky pro tvorbu kulminačních průtoků v hydrografické síti, podporují retenci vody na ploše povodí a snižují akumulaci splavenin. Plní krajinnou funkci rozšiřováním liniové, rozptýlené i solitérní zeleně v zemědělské krajině.

Obr. 24 Protierozní opatření



3. HYDROLOGIE

ČHP

Každé povodí má své číslo, které se označuje číslo hydrologického pořadí (čhp). Podle čhp se uskutečňuje veškerá evidence správců povodí, ČHMÚ a dalších organizací. Nový tvar čhp je 1-22-33-4444-5-66-77, **význam jednotlivých skupin číslic je následující:**

- **1-22-33-4444** dílčí dělení k místům soutoků nebo odbočení toků vycházející ze Základní vodohospodářské mapy 1:50 000, ZVM50 (minimální velikost plochy povodí přítoku je cca 5 km²)
- **5** dělení povodí v profilu hráze vodního díla
- **66** dělení povodí v místě mimoúrovňového křížení toků
- **77** dělení povodí v profilu vodoměrné stanice (pro vnitřní použití v ČHMÚ, není standardně poskytováno)

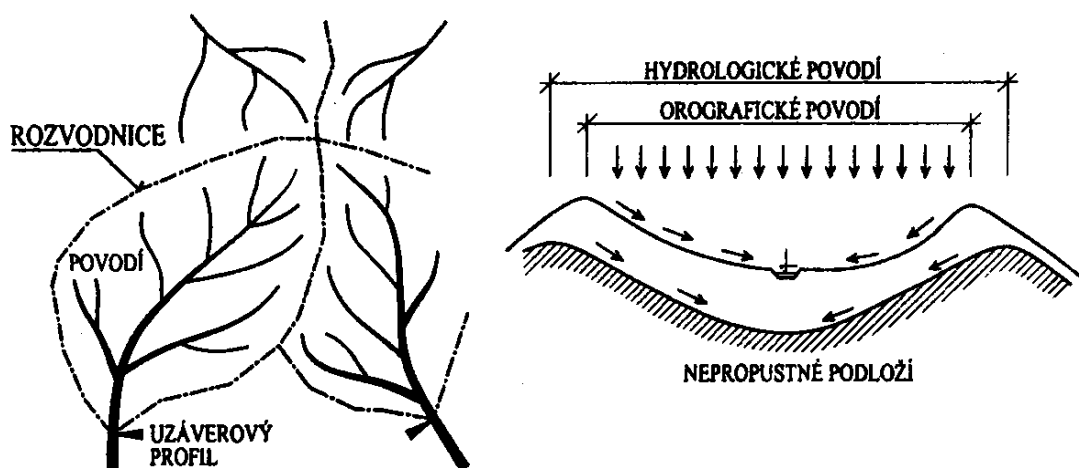
Nové rozvodnice jsou podkladem pro určování ploch povodí od začátku roku 2013 a slouží také k odvození základních hydrologických údajů za nové referenční období 1981-2010

ZVM50 najdete na serveru Hydroekologický informační systém (HEIS) na adrese <http://heis.vuv.cz/>.

ROZVODNICE

U orografického povodí platí, že vrcholky kopců tvoří hranici mezi povodími. Srážka, která spadne v rámci jednoho povodí, tak také odteče tímto tokem. Hranice pro odtok jsou právě vrcholky kopců.

U hydrologického povodí je rozvodnice posunuta na jednu nebo druhou stranu podle konkrétní geologické stavby území. Propustné horniny, např. písky způsobí vsakování srážky do druhého povodí za hranici vrcholku kopce. Tento jev není tak častý.

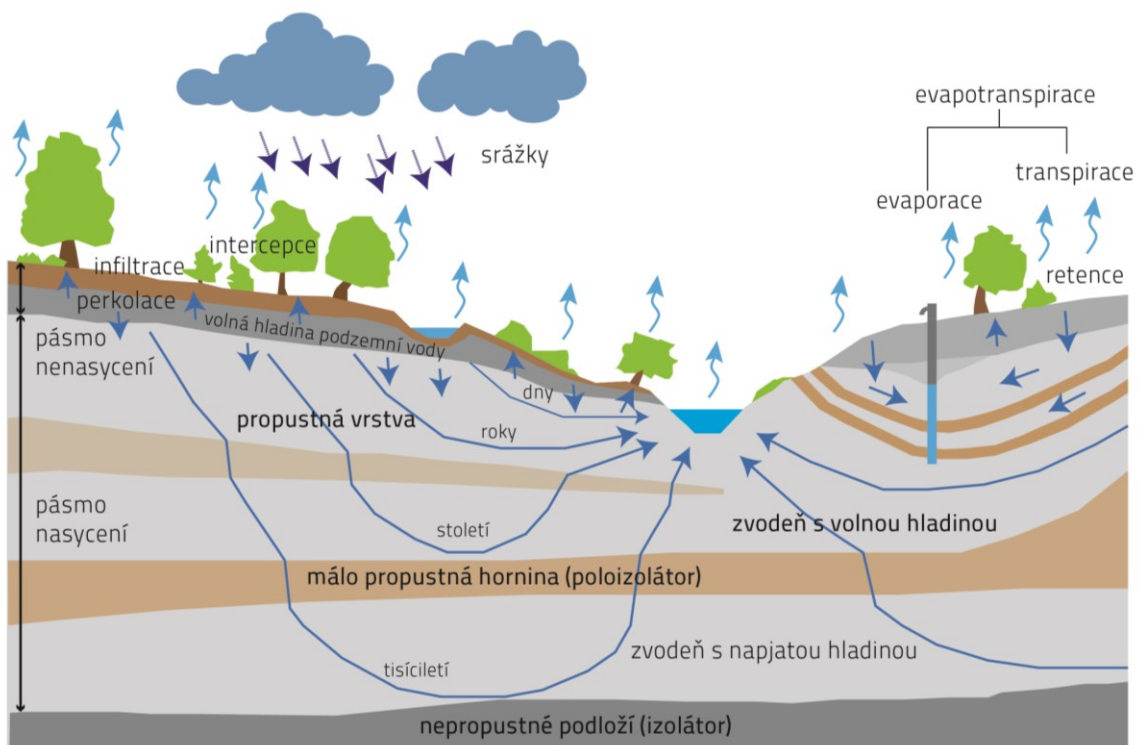


Obr. 25 VUT Brno, Jandora 2002

Hydrologický cyklus

Označuje veškerý koloběh vody na Zemi. Voda padá na zemský povrch ve formě dešťových nebo sněhových srážek a odtéká po povrchu. Voda se také vsakuje do půdy a doplňuje podzemní vodu. Z povrchu půdy se voda také odpařuje zpět do atmosféry (evapotranspirace). Největší podíl srážkové vody postupně odtéká korytem vodního toku do moře. V mořích a oceánech se hydrologický cyklus uzavírá a přes výpar vody do atmosféry se znovu tvoří srážky a padají na zemský povrch. Někdy se hydrologický cyklus dělí na velký a malý. Velký je chápán na celé planetě Zemi a malý je specifikován nejčastěji na ploše povodí. Zejména u malého hydrologického cyklu hraje velkou roli stav krajinného pokryvu a veškeré zásahy do něj. Například vykácení lesa na ploše povodí má za následek snížení množství srážek v území (menší výpar, protože chybí stromy).

U výparu rozdělujeme prostý výpar z půdy - evaporace, výpar z půdy pokryté vegetací - evapotranspirace a výpar z povrchu listů - intercepce.

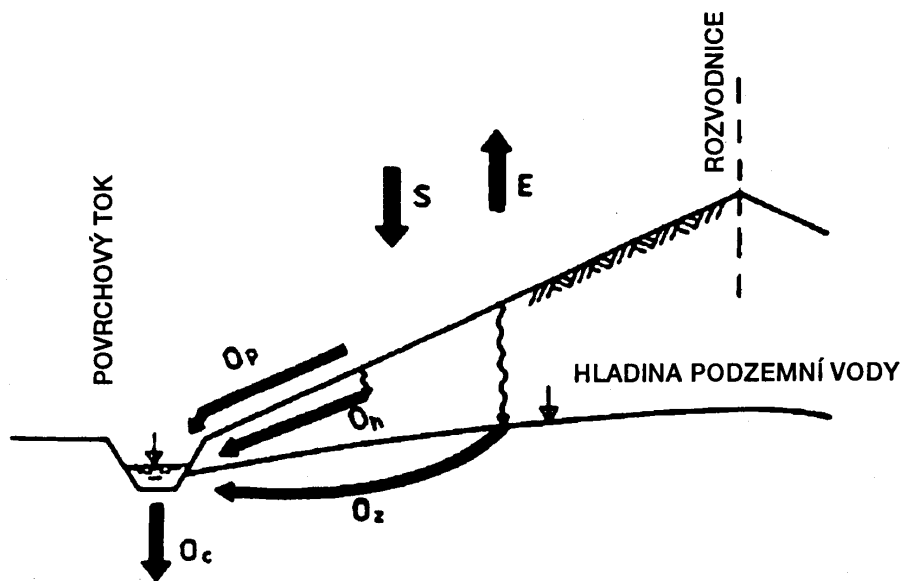


Obr. 26 Hydrologický cyklus

Složky celkového odtoku vody (↓další strana)

Odtok vody z povodí znázorňuje následující obrázek. Jsou zde vymezeny 3 základní složky celkového odtoku vody.

- S** celkové množství srážek na plochu povodí
- E** evapotranspirace z celkové plochy povodí
- O_c** celkový odtok vody z povodí
- O_p** povrchový odtok vody z plochy povodí
- O_h** podpovrchový (hypodermický) odtok vody z plochy povodí
- O_z** podzemní (základní) odtok z hladiny podzemní vody



Obr. 27 Rozdělení odtoku na povodí

VODOČET A LIMNIGRAF

Vodočet (vodoměrná lať) je základním měřidlem vodního stavu ve vodoměrné stanici.



Obr. 28 Vodočet

Limnigraf je přístroj, který graficky automaticky zaznamenává stav vodní hladiny v závislosti na čase. Nejčastěji používané limnigrafy jsou plovákové. V současnosti se k měření stavu vody používají i další měřicí přístroje, různá tlaková čidla umístěná na svahu řeky.



Obr. 29 Plovákový limnigraf na profilu ČHMÚ v Ústí n. L. na řece Bílině

Měření rychlosti a průtoku

Měření vodoměrnou vrtulí probíhá z levého břehu v jednotlivých profilech vzdálených od sebe asi 1 m a v různých hloubkách. Pro proměření celého profilu je nutné měřit rychlost u hladiny, uprostřed hloubky a u dna. K vrtuli je připojeno počítadlo otáček, které počítá počet otáček vrtule N za daný interval měření t (30 nebo 60 sekund). Potom se spočítá počet otáček za sekundu n jako podíl N/t . Tato hodnota se dosadí do vzorce pro výpočet rychlosti vody v řece:

$$v = a \cdot n + b$$

Konstanty a , b se stanoví pro každou vodoměrnou vrtuli jejím laboratorním cejchováním a jsou uvedené v technické zprávě u vrtule.



Obr. 30 Vrtule a způsob měření (ČHMÚ Ústí n. L.)

Speciální měření je při použití hydrometrické lanovky, kde vodoměrná vrtule se závažím, tzv. torpédo, je zavěšená na laně a pohybuje se kladkou.



Obr. 31 Torpédo na hydrometrické lanovce na profilu Ústí n. L. – řeka Bílina



Obr. 32 Měření ADCP CHMÚ Ústí n. L.

Moderní způsoby měření využívají magnetické indukce (ADCP). Zde se rovnou měří rychlost vody, hloubky koryta a průtok. Moderní kombinací obou metod je měření s magneticko-indukčním měřákem „OTT MF pro“ umístěným na tyči. Je to vlastně ADCP sonda umístěná na kovové tyči. Měření v korytě probíhá také z levého břehu na pravý v několika profilech, ale zpravidla stačí jedna hloubka.



Obr. 33 OTT MF pro magneticko-indukční měřák, zdroj: leták firmy OTT

STATIONS: 6

Stream Width: 2.20 m

Total Discharge: 0.32 m³/s

Total Area: 0.39 m²

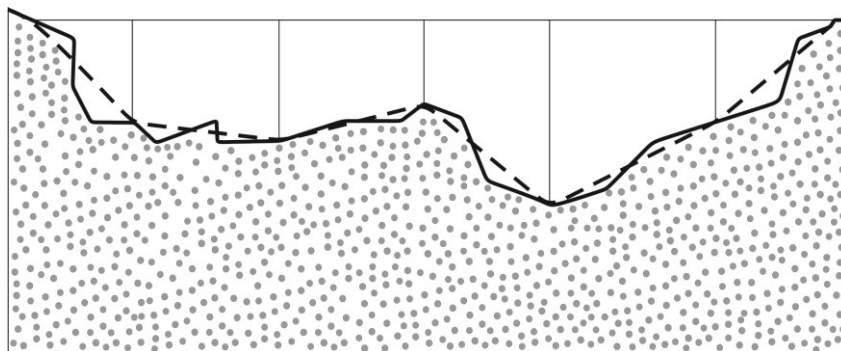
Mean Depth: 0.18 m

Measurement Results:

Station	Location (m)	Method	Depth (m)	Average Velocity (m/s)	Area (m ²)	Flow (m ³ /s)
1	0.00	0 point	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.50	2 point	0.23	0.72	0.11	0.08
3	1.00	1 point	0.20	1.25	0.10	0.12
4	1.50	1 point	0.20	1.9	0.10	0.11
5	2.00	1 point	0.22	0.03	0.08	0.00
6	2.20	0 point	0.00	0.00	0.00	0.00

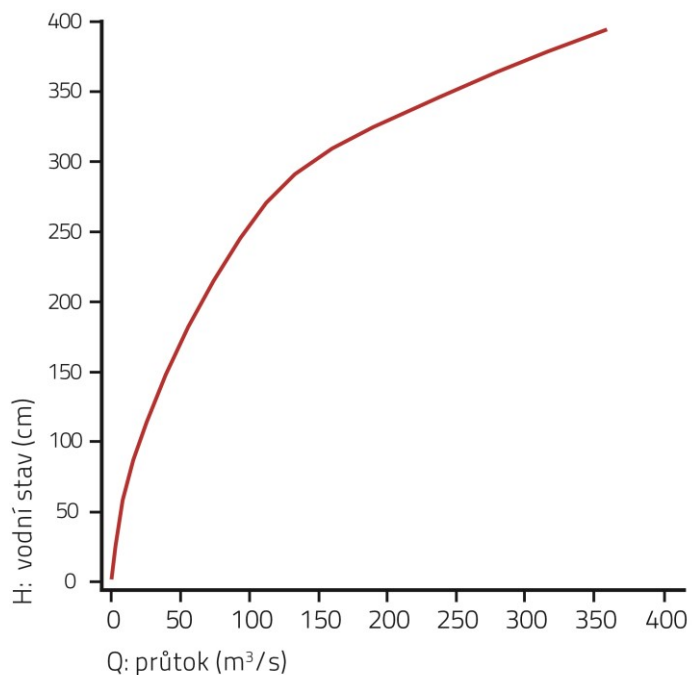
Tab. 5 Výsledky měření s OTT MF pro, Klíšský potok, 18. 10. 2013

Pro výpočet průtoku z naměřených rychlostí se používá rychlostní-obsahová metoda. Z rychlostí se vypočte průtok Q vzorcem $Q = v \cdot S$, kde S je plocha průtočného průřezu. Příčný profil si rozdělíme na několik průtočných ploch a v nich spočítáme plochy S_n a ty násobíme průměrnými rychlostmi v_n . Jednotlivé dílčí průtoky Q_n nakonec sečteme.



Obr. 34 Rozdělení příčného profilu na dílčí plochy

Pro každodenní praxi vodohospodářů se používá měrná konzumpční křivka. Tato křivka vzniká měřením rychlostí vodoměrnou vrtulí nebo moderními způsoby. A dalším výpočtem průtoku při daném vodním stavu. Měrná křivka je základním nástrojem pro každodenní udávání hydrologických údajů – stavu vody v řece a průtoku vody v řece. Měrné křivky se pravidelně upřesňují po proběhlém měření. V některých profilech jsou dokonce sestaveny 2 křivky pro období bez vegetace v korytě a pro období s vegetací v korytě.



Obr. 35 Měrná konzumpční křivka č. 648, Lužická Nisa, profil Hrádek nad Nisou, k datu 28. 3. 2013, platná od 1. 9. 2010, č. v databázi 3200, plocha povodí 355,8 km², ČHMÚ Ústí n. L.

Důležitá data jsou m-denní a N-leté průtoky. Vydává je ČHMÚ, který je také aktualizuje. Udávají nám představu o povodňových průtocích (N-leté vody) a o průměrných průtocích v korytě během 1 roku (M-denní vody).

Tab. 6 Olšový potok, číslo povodí 1-15-02-0250, profil mezi obcemi Petrovice – Tisá, plocha povodí 2,3 km², data ČHMÚ ÚL

M-denní průtoky Q_M v l.s⁻¹

M	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	třída
	64, 2	45, 3	32, 7	26, 4	22, 2	17,6	14,9	11,3	7,5 9	5,6 7	3,0 9	1,95	0,9 6	IV

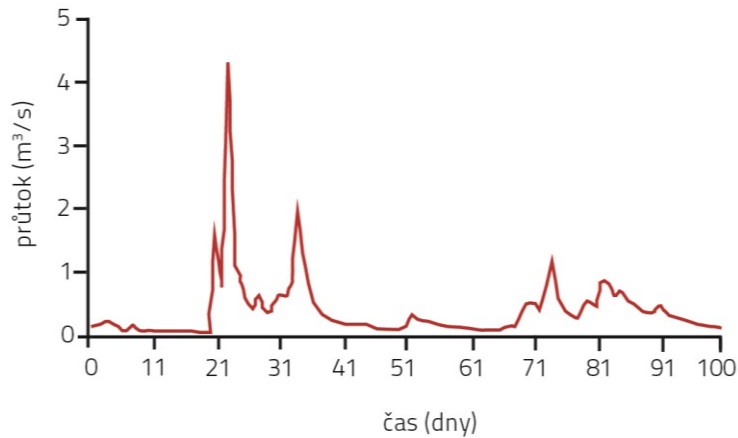
N-leté průtoky Q_n v m³.s⁻¹

N	1	2	5	10	20	50	100	třída
	0,8	1,37	2,41	3,22	4,26	6,11	8,04	IV

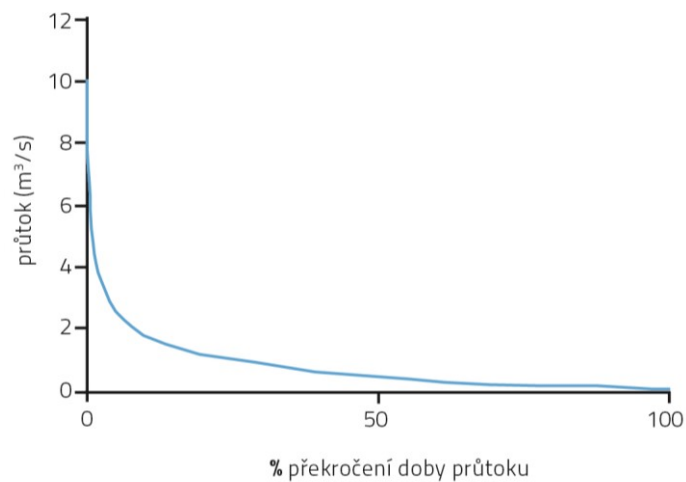
Tab. 7 Orientační hodnoty pravděpodobné chyby základních údajů podle ČSN 73 6805
Hydrologické údaje povrchových vod

Poř. číslo	Hydrolog. údaj	Třída			
		I	II	III	IV
1	Dlouhodobý roční průtok Q_a	±5	±10	±20	±30
2	$Q_{30d}-Q_{300d}$	±10	±15	±25	±40
3	$Q_{330d}-Q_{364d}$	±20	±30	±45	±60
4	Q_1-Q_{10}	±15	±20	±30	±50
5	$Q_{20}-Q_{100}$	±25	±30	±40	±60
6	Průměrný denní průtok Q_d	Do ±20	±30	±45	±70
7	Průměrný roční průtok Q_r	±5 až 10	±10 až 15	±15 až 25	±25 až 35
8	Minimální průtok Q_{min}	±25	±35	±55	±80

M-denní průtoky se odvozují z čáry překročení průtoků. Využívá se hydrogram průtoků během 1 roku na daném profilu sledované řeky. Sestrojí se rovnoběžky s osou x. U každého průtoky se vyznačí plocha, kdy dojde k dosažení nebo překročení daného průtoky (viz obr. 36, 37). Tyto hodnoty se nanesou (sčítají se za sebou) od o na stejné rovnoběžky. Potom vznikne čára překročení průtoků.



Obr. 36 Hydrogram a síť rovnoběžek

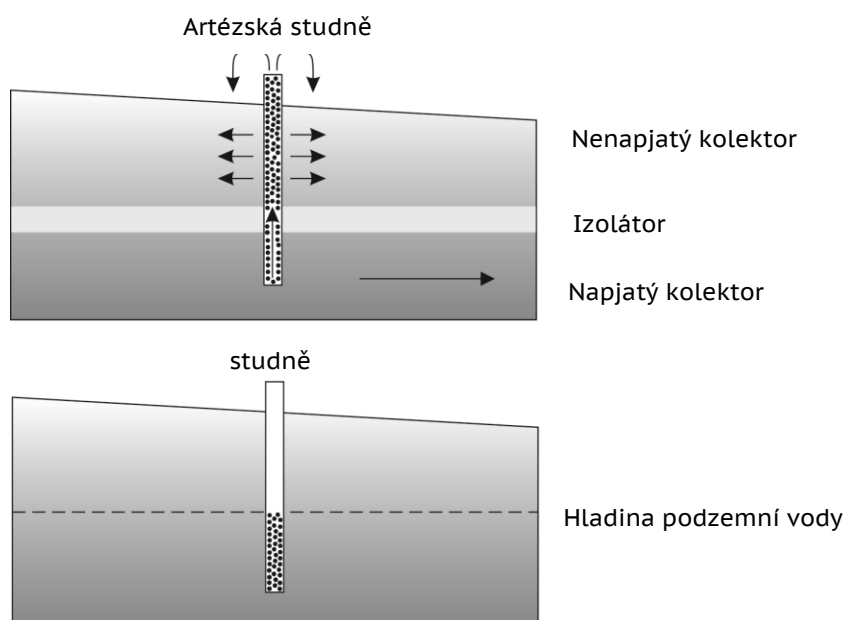


Obr. 37 Čára překročení průtoků

Čára překročení průtoků ukazuje rozložení průtoků od největšího po nejmenší, zleva doprava. Na ose x je časové období, které se právě dělí po 30 dnech nebo podle procent časového období. Můžeme to interpretovat tak, že po malou část roku (30 dní a hodnoty Q v levé části grafu) dochází ke zvýšeným průtokům, kdežto po většinu roku je na toku zajištěn alespoň minimální průtok (hodnota pro 364 dní a další hodnoty Q v pravé části grafu).

HYDROGEOLOGIE

Podzemní voda se v hornině vyskytuje ve dvou podobách, jako kolektor nebo izolátor. Kolektor vede a akumuluje podzemní vodu ve velkém rozsahu. Vrty sestrojujeme právě do kolektoru (čerpání pitné vody a pro další účely). Izolátor vede a akumuluje podzemní vodu pouze ve velmi malém množství. Čerpat podzemní vodu z izolátoru nelze.



Obr. 38 Kolektor napjatý (s vrstvou izolátoru) a nenapjatý kolektor

Existují dvě formy kolektoru: **napjatý a nenapjatý**. Napjatý kolektor má omezení nad sebou a pod sebou. Podzemní voda v napjatém kolektoru je pod tlakem. Když uděláme do napjatého kolektoru vrt, voda vystoupí výše. Výška výstupu vody ve vrtu závisí na tlaku vody v hornině. Když podzemní voda vystoupí nad zemský povrch, mluvíme o Artézské vodě nebo Artézské studni. Příkladem jsou vřídla v Karlových Varech nebo gejzíry na Islandu. Nenapjatý kolektor nemá žádné omezení a hladina podzemní vody je bez tlaku. Výška výstupu podzemní vody ve vrtu závisí pouze na množství akumulované podzemní vody v nenapjatém kolektoru.

Rychlost pohybu podzemní vody v nasyceném prostředí počítáme podle **Darcyho rovnice**. Henri Darcy byl francouzský inženýr, který v 19. století pracoval v Dijonu ve vodárenské firmě. Okolo Dijonu jsou hlavně propustné písky, proto se zabýval rychlostí pohybu vody v nasyceném prostředí.

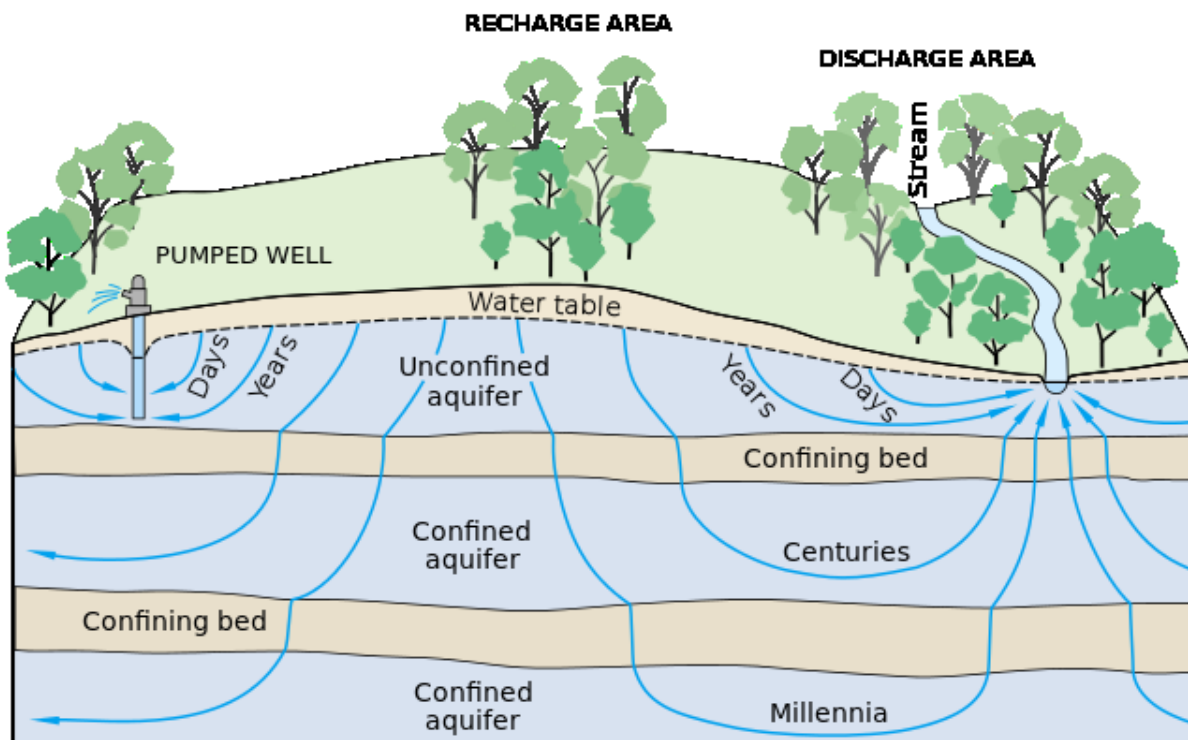
$$v = k \cdot I$$

v rychlost podzemní vody ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)

K nasycená hydraulická vodivost – koeficient filtrace ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)

I hydraulický gradient, což je rozdíl výšek výstupu podzemní vody ve 2 piezometrech dělený vzdáleností mezi nimi (h/l)

Nasyčená hydraulická vodivost je schopnost propustné horniny vést podzemní vodu. Závisí na velikosti pórů a puklin v hornině. Například K pro písek je 2,59 cm/hod a K pro jíl je 0,06 cm/hod. (Davie T, 2008)



Obr. 39 Diagram cest podzemní vody a doby zdržení v kolektorech, upraveno podle Heath, 1983

4. VODNÍ BILANCE

4. 1. Vodní režimy v krajině

Vodní režim vyjadřuje zhodnocení kvantitativních a kvalitativních změn, přírůstků či úbytku vody v zájmovém povodí, dílčím povodí, pozemku, v hydrogeologickém rajónu, v souboru a v jednotlivých přirozených vodních útvarech a vodních dílech za sledované časové období.

Hydrologickou bilanci, změnu zásob vod na ploše povodí, vyjadřuje základní rovnice:

$$dH_r = H_s + H_p - H_o - H_E \quad (\text{mm, m}^3 \cdot \text{km}^{-2})$$

kde:

dH_r celková změna zásob povrchové, půdní a pozemní vody na ploše za bilanční období,

H_s úhrn atmosférických srážek,

H_p úhrn přítoku povrchové vody a zvýšení zásob podzemní vody, včetně převodu vody z jiného povodí,

H_o úhrn odtoku povrchové, hypodermické a podzemní vody, včetně vod odejmutých pro převod vod (jímání povrchových a podzemních vod pro zásobování obyvatel pitnou vodou skupinovými vodovody, jímání balené a minerální vody, pro výrobu nápojů apod.),

H_E výdej vody do atmosféry, výpar z volných a zastavěných ploch, z volné vodní hladiny, evapotranspirace porostů, hodnota referenční evapotranspirace.

Zpracovávají se tyto typy bilanci:

VODNÍ BILANCE:

Vodní bilance je součtem hydrologické bilance a vodohospodářské bilance. Vodní bilance se sestavuje v povodích povrchových a hydrogeologických rajonech podzemních vod pro oblasti povodí, případně i pro konkrétní územní celky, lokality.

Bilance vyjadřuje souhrnné hodnocení stavu povrchových a podzemních vod, využívá se pro plánování v oblasti vod, pro rozhodování vodoprávních úřadů, zejména pro stanovení množství vody, využitelné k odběrům nebo pro stanovení přípustného znečištění odpadních vod vypouštěných do vod povrchových nebo podzemních v konkrétní lokalitě. **Hodnotí se za období 1.11. - 31. 10. každého roku.** Je to kvůli podchycení odtoku srážek ve stejném roce (tání sněhu).

Souhrnnou zprávu pro hlavní povodí zajišťuje Ministerstvo zemědělství společně s Ministerstvem životního prostředí prostřednictvím Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka.

HYDROLOGICKÁ BILANCE

Obsahem hydrologické bilance je porovnání přebytků a úbytků vody, vyjadřuje vyhodnocení změn vodních zásob v povodí, v hydrogeologickém rajonu, ve vodních útvarech za časový interval z hlediska množství a jakosti vody, které charakterizují prostorové a časové rozdělení oběhu vody v přírodním prostředí. Hydrologickou bilanci každoročně sestavuje Český hydrometeorologický ústav. Podklady pro zpracování bilance, tj. údaje o odběrech, vypouštění, akumulaci vody v přírodním prostředí a údaje o převodech vody mezi povodími předkládají příslušní správci povodí. Hydrologickou bilanci každoročně sestavuje Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, který předkládá souhrnnou hydrologickou bilanci pro hlavní povodí ČR. V procesu řízení a rozhodování vodohospodářských orgánů a organizací mají významné uplatnění hydrologické bilance, které se zpracovávají pro charakteristická časová období a pro hodnocení dynamiky vodních zásob v konkrétním území podle účelu a potřeb využití závěrů bilance.

Hydrologická bilance pro úhrn údajů za hydrologický rok nevystihuje proměnlivost hydrologických poměrů, která je vyvolaná diferencovanými hodnotami vstupních parametrů, zvláště výskytu a vlastností meteorologických poměrů. Hydrologická bilance se řeší pro mimovegetační a vegetační období, pro mimořádné meteorologické situace – suché či srážkově vydatné periody. Výsledky umožňují operativní regulaci vodních poměrů v oblasti.

Data využívaná pro zpracování hydrologické bilance:

Vstupní parametry

Přírůstky, zdroje vod:

- Úhrn atmosférických srážek za bilanční období
- Přítoky povrchové i podzemní vody z jiných území, umělé přesuny vod.

Ztráty, odběry vod:

- Výpar z povrchu, z vodních ploch, evapotranspirace.
- Odtok a odběr vody z povodí, jímání povrchových, podzemních, uměle odebraných vod.

Umělý přesun vod mezi povodími je tvořen čerpáním a jímáním povrchových a podzemních vod pro skupinové vody, pro balené vody, umělé nápoje, vč. pivovarnictví apod. Podklady pro výpočet hydrologické bilance poskytuje ČHMÚ – výsledky pozorování ve státní monitorovací síti meteorologických stanic, v síti vodoměrných stanic, výsledky měření hladin podzemních vod v síti pozorovacích vrtů, vydatnost sledovaných pramenů. Taktéž jsou to další údaje o odběrech povrchových vod, odběrech podzemních vod, vypouštění odpadních nebo důlních vod, o využívání přírodních léčivých zdrojů a minerálních vod a údaje o vzdouvání nebo akumulaci povrchových vod vodními díly. Výstupy hydrobiologické bilance se uvádějí každý měsíc a souhrnně za uplynulý hydrologický rok. Každý třetí rok se posuzuje dlouhodobý vývoj hydrologické bilance. Současně s kvantitativním stanovením hydrologické bilance se sleduje i hydrologické bilance jakosti vod.

Zpracovává se:

- sestava ukazatelů zjištěné jakosti pozorovaných vod s porovnáním s referenčními hodnotami,
- výsledky výpočtu látkového odnosu zvolených látek ve vybraných profilech toků,
- přehledná mapa jakosti povrchových vod v tocích,
- přehledná tabulka jakosti podzemních vod v přírodním prostředí.

Vodohospodářská bilance:

Obsahem vodohospodářské bilance je porovnání požadavků na odběry povrchové a podzemní vody, odběry přírodních léčivých a minerálních vod a vypouštění odpadních a důlních vod v jejich povolených, skutečných a výhledových hodnotách s využitelnou kapacitou vodních zdrojů v množství a kvalitě. Vodohospodářská bilance hodnotí dopady lidské činnosti na povrchové a podzemní vody v uvažovaném povodí, lokalitě a čase.

Vodohospodářská bilance zahrnuje shrnutí údajů o skutečném užívání vod (v rozsahu stanoveném vodním zákonem), výstupy hydrologické bilance a výsledky pozorování z účelových monitorovacích sítí povrchových a podzemních vod. Uvádí přehled platných povolení k nakládání s vodami.

Vodohospodářská bilance obsahuje:

- přehled hodnot ohlašovaných údajů,
- hodnocení množství povrchových a podzemních vod,
- hodnocení jakosti vod.

Vodohospodářskou bilanci zhotovují každoročně příslušní správci povodí a pro hlavní povodí sestavuje bilanci VÚV TGM. Vodohospodářská bilance je podkladem pro rozhodování vodoprávních orgánů státní správy.

Hydrologická bilance vodního režimu povodí shrnuje dílčí bilance vodních režimů v systému: **ATMOSFÉRA – PEDOSFÉRA – FYTOSFÉRA – LITOSFÉRA – ATMOSFÉRA.**

Pro každý prvek systému se vedou dílčí bilance vodních režimů, které se vzájemně ovlivňují. Určujícími jsou specifické vlastnosti dotčeného krajinného prostoru, podmínky zadané hodnoceným časovým obdobím a způsobem hospodaření a antropogenními vlivy.

Podle cílů a potřeb se zpracovávají dílčí bilance:

- vodní režim atmosféry,
- vodní režim pedosféry,
- vodní režim fytosféry, rostlinných společenstev,
- vodní režim podzemních vod.

Vodní režimy se stanovují jako podklad pro navrhování preventivních či nápravných opatření, která jsou způsobilá eliminovat důsledky nepříznivých stavů hydrologické bilance. Zpracovávají se pro charakteristická časová období – vegetační či zimní období, období srážkově deficitní či přebytková.

Změna hydrologických bilancí vodních režimů na povodí poskytuje základní informace o momentálním vývoji a stavu zásoby vod. Prokazují se změny, které vyjadřují stavy zvyšování zásob povrchových, půdních a podzemních vod ve vodních útvarech a dílech – stavy aktivní hydrologické bilance. Tyto změny se projevují zamokřením pozemků, zvýšenými stavy vod, v extrémním případě povodňovou situací. Při nedostatečných hodnotách příjmových složek hydrologické bilance a případně zvýšením výdeje vody do atmosféry, nastává stav snižování zásob vody ve vodním prostředí, v extrémní situaci vzniká sucho.

Český hydrometeorologický ústav zpracoval rozdělení vláhové bilance na území České republiky (Atlas podnebí Česka, 2007).

4.2. Voda v atmosféře

Vodní bohatství hlavních povodí na území České republiky je utvářeno atmosférickými srážkami. Jejich rozdělení na ploše i v časových obdobích je značně proměnlivé. Jsou určujícím faktorem, který dominantně vyjadřuje charakter všech typů vodních režimů. Srážkové úhrny a charakter srážek představují pro všechny bilance vodních režimů příjmovou složku. Teplotní a vlhkostní poměry ve spodních, přízemních vrstvách ovzduší bezprostředně ovlivňují výdajový prvek hydrologických bilancí – evaporaci z povrchu území a povrchu rostlin (intercepci) a transpiraci rostlinného pokryvu. Celkově se uvádí hodnota evapotranspirace. Voda je nedílnou součástí troposféry, tj. nejspodnější vrstvy atmosféry, která v mírných zeměpisných šířkách dosahuje výšky 11 km. V přízemní vrstvě atmosféry, která dosahuje výšky od zemského povrchu až 1,5 km, se přímo projevuje vliv zemského povrchu na průběh počasí, rozhoduje se o vývoji velkého i malého hydrologického cyklu. Iniciátorem všech změn v atmosféře je energie slunečního záření. V přízemní vrstvě atmosféry dochází k trvalé dynamice tepelných a vlhkostních stavů. Na tomto rozhraní dochází k trvalé výměně vody. Obsah vody se v ovzduší pohybuje do 4 % objemových. Voda je v ovzduší přítomna neustále, její množství a formy výskytu se mění v místě i v čase. Z oceánů se vypařuje až 90% vodních par, z toho nejvýše 8% se prouděním dostává nad pevninu, kde spadne ve formě srážek. (Zákopčáník, 2011).

Hodnocením stavu a dynamiky vody v ovzduší je náplní vědních disciplín klimatologie a meteorologie. Potřebná klimatologická, meteorologická a hydrologická data studuje, hodnotí a pro veřejnost poskytuje Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ). Ze sledovaných meteorologických parametrů mají pro dynamiku vodních režimů rozhodující význam: teplota vzduchu a jeho proudění, absolutní a relativní vlhkost vzduchu, sytostní doplněk, rosný bod, které ovlivňují jak vznik a parametry srážek, tak i výpar a evapotranspiraci. Klimatologické podmínky, zjištěné z dlouhodobých meteorologických měření, vyjadřují hodnoty klimatologických normálů. Dle doporučení mezinárodní meteorologické organizace (WMO) z roku 1983 a metodického předpisu ČHMÚ e používají:

Standardní klimatologický dlouhodobý průměr („dlouhodobý průměr“), který je definován jako statistická veličina, která zahrnuje minimálně tři úplná a po sobě jdoucí ukončená desetiletí. Může být stanoven z libovolné časové řady, vždy však musí být toto období uvedeno.

Standardní klimatologický normál: Bylo stanoveno, že se za normál smí považovat jen průměrná hodnota za poslední ukončené třicetiletí, přičemž se třicetiletí počítají od 1. 1. 1961. V současnosti je dlouhodobým normálem průměr meteorologických hodnot z třicetiletých 1961 až 1990 a platí až do roku 2020. Podle uvedené metodiky se určují hodnoty všech soustavně měřených meteorologických faktorů. Pro potřeby hydrologických bilancí vodních režimů mají význam především hodnoty „srážkových normálů“ a „teplotních normálů“. Podle pravděpodobnosti opakování, resp. stupně zabezpečení (%) se vyjadřují hodnoty mimořádně nadnormální až mimořádně podnormální.

Odchyly dat od normálu vymezují hranice intervalů pro charakteristiku meteorologických podmínek v konkrétním období (měsíc, vegetační období, zimní období, celý rok).

Vodní režim atmosféry je závislý na klimatických podmínkách území.

V **Atlasu podnebí Česka** (ČHMÚ, 2007) jsou znázorněny oblasti dle klimatických klasifikací a srážkové indexy pro vyjádření základních srážkových režimů na území Česka. Tyto údaje kvantifikují míru zabezpečení optimálních vodních režimů atmosférickými srážkami. Nejvíce používaný parametr pro klasifikaci oblastí podle dostupnosti vláhy je Langův dešťový faktor – LDF. Jedná se o podíl průměrného ročního úhrnu srážek a průměrné roční teploty vzduchu. Oblasti suché odpovídají hodnotě LDF = 70, větší hodnoty znázorňují oblasti s větším výskytem srážek.

4.3 Vodní režim pedosféry

Vodní režim sledovaného půdního prostoru, vrstvy pedosféry, je nedílnou složkou vodního režimu krajiny – povodí. Vodní režim půd charakterizuje soubor všech změn obsahu, energetického stavu a pohybu vody v půdě za vymezené bilanční časové období.

Půda v hydrologické bilanci povodí ovlivňuje téměř všechny bilanční prvky. Působí na příjem, využití a redistribuci přirozených srážek, na průběh povrchového a hypodermického odtoku, na utváření zásob podzemní vody a na její vztlínání z hladiny podzemních vod. Energetickými stavy poutání vody k pevným částicím půdy v aktivní kořenové zóně rostlin, ovlivňuje příjem vody kořenovým systémem, zásobování rostlin půdní vodou a v konečném projevu určuje intenzitu transpirace. Měřitelným parametrem vodního režimu půd je dynamika zásoby půdní vody, její prostorové rozdělení v profilu, míra pohyblivosti a dostupnosti.

Půdní vlastnosti na území České republiky jsou značně heterogenní. Jak na ploše území, tak ve stratigrafii půdního profilu. Pro objektivní kvantifikaci hydrologických procesů půdní vody je nutné poznat základní pedologické vlastnosti půdy na podkladě kvalifikovaného průzkumu.

Hydrologická bilance vodního režimu pedosféry je vyjádřena rovnicí:

$$dW_{PV} = W_{Hs} + W_{PP+H} + W_K + W_A + W_{RP} - W_{OP+H} - W_{OInf} - W_E$$

(mm, m³.ha⁻¹, m³)

kde:

dW_{PV}	přírůstek, úbytek zásoby půdní vody za bilanční období v aktivním půdním profilu,
W_{Hs}	úhrn srážek za období,
W_{PP+H}	povrchový a hypodermický přítok vody,
W_K	kapilární vzlínání z hladiny podzemní vody,
W_A	přírůstek vody kondenzací vodních par v půdních pórech,
W_{RP}	změna retence vody na povrchu půdy,
W_{OP+H}	povrchový a hypodermický odtok,
W_{OInf}	odtok vody z profilu infiltrací do spodních vrstev, do podzemní vody,
W_E	voda spotřebovaná evapotranspirací.

Měřitelným údajem pro kvantitativní vyjádření půdního režimu je určení momentální půdní vlhkosti a z toho vypočtené zásoby půdní vody.

Kvantitativní vyjádření vlhkostního režimu ve vrstvách půdního profilu je součástí základního pedologického a hydropedologického průzkumu. Provádí se laboratorně rozbořením půdních vzorků. **Stanovují se hodnoty:**

- Hmotnostní vlhkost půdy (% hmot.)
- Objemová vlhkost půdy (% obj.) – závisí na objemové hmotnosti suché půdy.

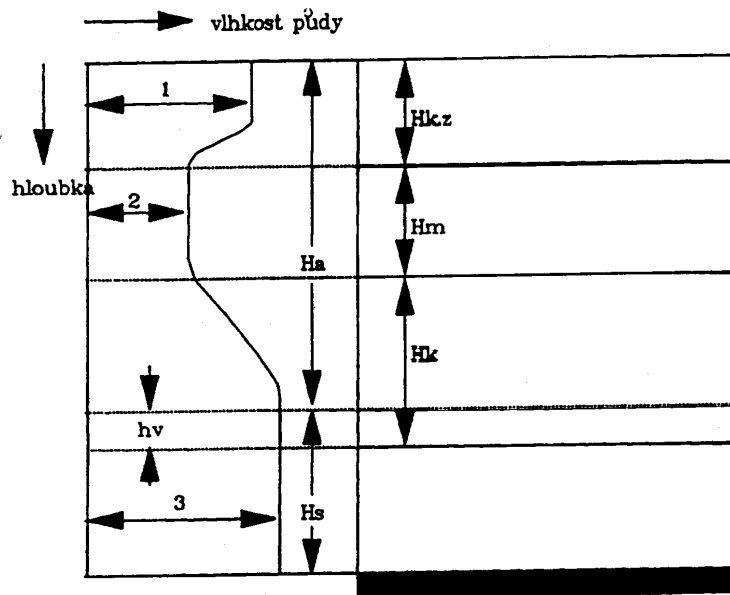
Momentální zásoba půdní vody, obsah vody v půdním profilu, se určuje pro aktivní hloubku provlažování – h_u (m). Celková zásoba představuje součet dílčích zásob půdní vody v jednotlivých vrstvách.

$$W_{mom} = 100 \cdot \theta_{mom} \cdot h_u \quad (\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1})$$

$$= 10 \cdot \theta_{mom} \cdot h_u \quad (\text{mm})$$

Pro mezní stavy zásoby půdní vody se vypočítá i hodnota zásoby pro stavy sledovaných hydrolimitů. Vědní disciplinou, která se zabývá statistickými a dynamickými stavy vody v půdě je hydropedologie. Řeší vzájemné souvislosti mezi základními složkami půdy, půdními fázemi. Charakter vodního režimů půd je významně ovlivňován systémy hospodaření na půdě – zemědělstvím, lesnictvím a dalšími antropogenními zásahy v krajině.

Vodní režim půd přímo souvisí se vzdušným, tepelným a živinným režimem. Stav vodního režimu determinuje vývoj půdních druhů (pedogenezi). Pohyb vody půdním prostředím umožňuje transportní procesy živin, ale i cizorodých látek. Zvyšuje možnosti kontaminace podzemních vod. Obsah vody v aktivním půdním profilu je předpokladem pro průběh základních biologických procesů. Hydrologický model systému vodního režimu je znázorněn na obr. 40



Obr. 40 Rozdělení vody v pedosféře

- $H_{k,z}$ zóna kapilárně zavěšené vody
- H_m zóna minimální vlhkosti
- H_k zóna kapilárně podepřené vody
- h_v nasycená část zóny
- H_s zóna podpovrchové vody
- H_a zóna aerace
- 1** vlhkost půdy na úrovni polní vodní kapacity
- 2** vlhkost půdy na úrovni lentokapilárního bodu - středně až těžko pohyblivá voda
- 3** přebytečná, lehkou pohyblivá voda

Výsledky hydrologické bilance vodního režimu charakterizují typy vodního režimu půd.
Vymezení se tyto základní typy vodních režimů půd:

Promyvný vodní režim půdy. Typ vodního režimu, kdy je půdní profil opakovaně během roku nasycen vodou. Zdrojem je ustálené proudění půdní vody z vnějších vod, z přebytku srážek nad hodnotou potenciální evapotranspirace. Příjem vody převyšuje výdajové složky. Voda sýtí podzemní vody.

Periodicky promyvný vodní režim půdy. K provlhčení, nasycení půdního profilu, dochází nepravidelně, po vydatných srážkách, po záplavě pozemků, po tání sněhové pokrývky. Voda je zdrojem pro hypodermický odtok.

Nepromyvný vodní režim půdy. Půdní profil je sycen infiltrací povrchové vody do vrchních vrstev půdního profilu, kde plní kapilární póry. Nedochozí k doplňování podzemní vody.

Výparný vodní režim půdy. V půdním profilu převládá vzestupný pohyb vody v kapilárních pórech nad vrstvou nasycenou podzemní vodou. Horní vrstvy půdy, zejména ornice, trpí nedostatkem půdní vody.

Závlahový vodní režim půdy. Zásoba vody při výparném vodním režimu je doplňována závlahovou vodou. Průběh zásoby půdní vody v kořenové vrstvě půdy je operativně sledován a v případě poklesu momentální zásoby půdní vody je vyrovnáván účinnou závlahovou dávkou na požadovanou úroveň. Rozhodující je stanovení termínu prokázané potřeby doplňkové vody.

Nivní vodní režim půdy. Vodní režim půd v nivě vodních toků je závislý na vodních stavech v korytě a na průběhu infiltrace korytem do prostoru nivy. K obdobnému režimu dochází za břehovou čarou zdrží vodních nádrží, rybníků i podél stojatých vod tůní. Říční niva je tak bezprostředně hydrologicky propojena s tokem. Příznivě se projevuje kvalifikovaně provedená revitalizace toku.

Močálový, mokřadní vodní režim půdy. Půdní profil je trvale plně zaplavený. Všechny póry jsou zaplněny vodou, vzdušný režim je nulový. Zachování tohoto vodního režimu vyžaduje soustavné sycení vodou, ustálené proudění půdní vody od vydatného zdroje.

Pohyb vody v půdě je možný proto, že půda je třífázovým porézním prostředím. Tuhá fáze půdního prostředí obsahuje póry o různé velikosti a spojitosti. Celkový objem pórů v půdě v neporušeném stavu je vyjádřen celkovou pórovitostí půdy. Póry jsou zaplněny vodou nebo vzduchem. Pórovitost se stanovuje základním půdním průzkumem jako významná fyzikální veličina. Pórovitost půdy je ovlivněna objemovou hmotností, která závisí i na míře zhutnění půdní vrstvy.

V půdě se vyskytují tyto základní druhy půdních pórů:

- Kapilární póry o velikosti menší než 0,2 mm. V těchto pórech zadržují půdní vodu kapilární síly. Voda se v kapilárních pórech pohybuje všemi směry.
- Gravitační póry, ve kterých není voda poutána. Po naplnění jsou odvodněny gravitační silou a póry se zavzdušní.
- Preferenční cesty. Jsou to prostory vzniklé činností edafonu, rozkladem organické hmoty (kořenové zbytky), puklinami na povrchu půdy při vyschnutí horní půdní vrstvy, agrotechnikou. Voda se těmito cestami šíří přednostně, postupně plní půdní póry.

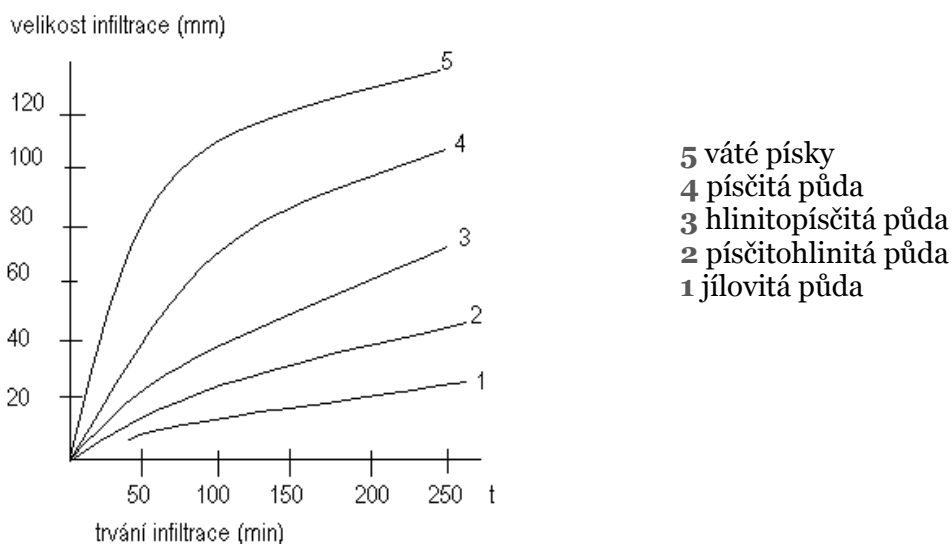
K pronikání povrchové vody do vrstev půdního profilu dochází v průběhu infiltrace.
Rozlišuje se infiltrace:

- Tlaková, která probíhá vcezováním povrchové vody akumulované v místech terénních depresí, z ploch povrchově zamokřených zátopou, dnem nádrží, koryty vodních toků.
- Beztlaková, kdy se průběžně vsakuje povrchová voda do půdy.

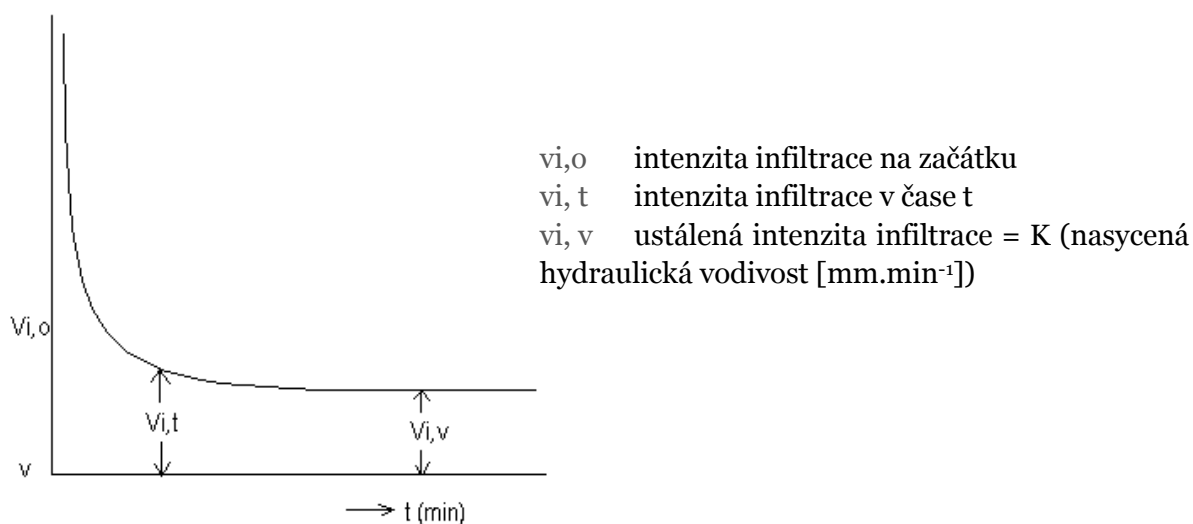
Průběh infiltrace vody závisí především na fyzikálních vlastnostech půdních vrstev profilu. Je přímo závislý na zrnitosti půdy, tj. na půdním druhu. Utužením půdy, zvýšením objemové

hmotnosti půdy se hodnota infiltrace snižuje. Příznivě se projevuje obsah humusu v orniční vrstvě půdy a drobtovitá struktura půdy.

Intenzitu infiltrace vody do půdy vyjadřuje průběh infiltrační křivky, udává se v $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Na obr. 41 Je patrná závislost infiltrace na zrnitosti půdy, půdním druhu a odvození ustálené intenzity infiltrace, která odpovídá koeficientu nasycené hydraulické vodivosti. K tomuto stavu dochází, když je půda nasycena vodou a dále se šíří do dosud nenasyčené zóny, ve které je stav hydraulicky nenasyčené vodivosti.



Obr. 41 Kumulativní infiltrační křivky základních půdních druhů



Obr. 42 Stanovení hodnoty intenzity ustálené infiltrace

Voda je v půdě v neustálém pohybu, je pod vlivem fyzikálních sil (gravitace, výpar) i pod vlivem biologických sil (čerpání vody z půdy kořenovým systémem rostlin), často i jako důsledek lidské činnosti – odvodnění půd, úprava toků, zavlažování, odběr vody aj. Výsledkem působících sil je buď rovnovážný stav, kdy je vodní režim ustálený, voda

se nepohybuje. Vyjadřuje to statický stav půdní vody. Tyto statické stavy jsou místně i časově omezené. Působící síly diferencují vodní stavy v půdním prostoru, čímž dochází k převažujícímu pohybu vody. Příčinou jsou energetické stavy poutání vody k půdním částicím. Základním parametrem pro vyjádření působení vnějších sil je celkový potenciál půdní vody.

Celkový vodní potenciál půdní vody vyjadřuje množství práce na jednotkové množství vody, které musí být vykonáno, aby se množství vody přemístilo ze standardního stavu k danému bodu systému voda - půda. Standardní stav odpovídá volné hladině vody při atmosférickém tlaku.

Celkový potenciál půdní vody odpovídá sacímu tlaku půdní vody, který představuje záporný tlak působící na volnou vodu, aby se při dané půdní vlhkosti dala do pohybu. Voda vždy přechází z prostředí o vyšší půdní vlhkosti, s nižším sacím tlakem, do prostředí s menším obsahem vody, s vyšším sacím tlakem. Půdní voda je v pohybu ve směru gradientu sacího tlaku.

Poutání a pohyb vody v půdních vrstvách závisí na kategoriích půdní vody:

- adsorpční půdní voda je vázaná adsorpčními silami na povrchu půdních částic,
- kapilární půdní voda se vyskytuje v kapilárních pórech, je poutána kapilárními silami, je pohyblivá,
- gravitační půdní voda se volně vyskytuje a gravitační silou proniká do spodních vrstev půdního profilu.

Podle energetického stavu vody v půdě, v závislosti na poutání vody k půdním částicím, na pohyblivost vody v půdním prostředí, se vyjadřují základní hydrolimity, mezní stavy zásoby půdní vody:

Maximální (plná) vodní kapacita (MVK):

Půda je plně zaplněna půdní vodou. Vzdušná kapacita je nulová. MVK odpovídá hodnotě pórovitosti půdy. Po nasycení vodou se gravitační póry vyprazdňují, zavzdušňují. Sací tlak je nulový.

Polní vodní kapacita (PVK), také uváděná jako Maximální kapilární kapacita (MKK):

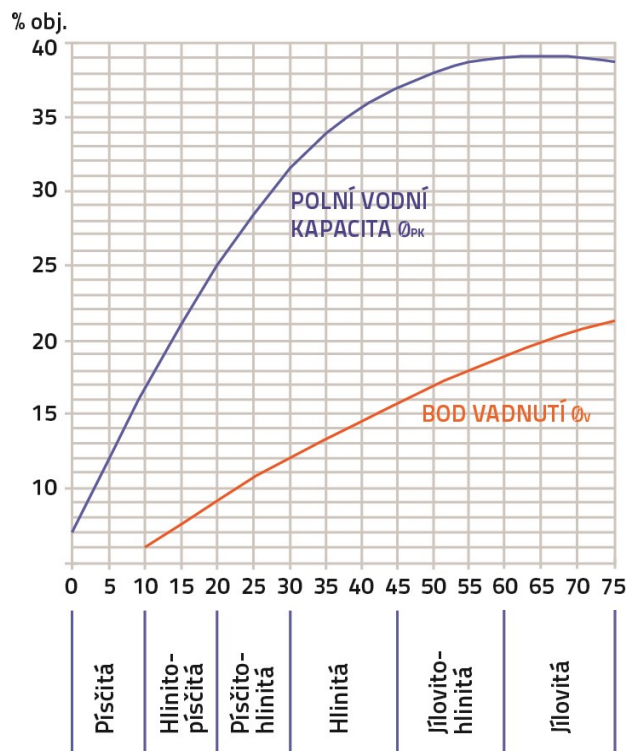
Vodou jsou zaplněny všechny kapilární póry, gravitační póry jsou zaplněny vzduchem. Určuje horní mez zásoby využitelné půdní vody.

Bod snížené dostupnosti půdní vody (BSD) – lentokapilární bod:

Zásoba půdní vody, při které nastává omezený příjem půdní vody kořenovým systémem rostlin. Není zajištěno požadované krytí evapotranspirace ze zásoby půdní vody. Často je nahrazován pojmem: minimální přípustná zásoba využitelné půdní vody.

Bod vadnutí (BV):

Voda je poutaná k půdním částicím silou, která je vyšší než sací síla kořenového vlákna rostlin. Voda není využitelná pro příjem rostlinami. Jedná se o mez fyziologicky využitelné půdní vody.



Obr. 43 Polní vodní kapacita a bod vadnutí podle typu půd

Adsorpční vodní kapacita (AVK):

Půdní voda je poutaná na povrchu částic adsorpčními silami. Je nepohyblivá a nevyužitelná. Hodnota závisí na petrografickém složení půdních částic.

Z hodnot půdních hydrolimitů se odvozuje hodnota **využitelné půdní vody (VPV)**, která odpovídá rozdílu hydrolimitů: Polní vodní kapacita – bod vadnutí.

$$VPV = (PVK - BV)$$

Hodnoty hydrolimitů jsou závislé především na fyzikálních vlastnostech půdy, na zrnitosti a objemové hmotnosti. S ohledem na vertikální variabilitu půdního profilu, stanovují se pro jednotlivé půdní vrstvy (horizonty). Orientační hodnoty půdní vlhkosti při mezních hydrolimitech využitelné půdní vody (PVK, BV) a odpovídající hodnoty objemové hmotnosti půdy (S_d) a pórovitosti půdy (P) jsou v tab. 8

Tab. 8 Orientační hodnoty hydrolimitů

Půdní druh	θ_{PK} (% obj.)	θ_v (% obj.)	S_d (10^3 kg. m^{-3})	P (% obj.)
Písčítá půda	15	7	1,65	38
Hlinito-písčítá půda	21	9	1,5	43
Písčito-hlinitá půda	31	14	1,4	47
Hlinitá půda	36	17	1,35	49
Jílovito-hlinitá půda	40	19	1,3	51
Jílovitá půda	44	21	1,25	53

4.4 Vodní režim rostlin - evapotranspirace

Vodní režim rostlin charakterizuje základní fyziologický proces rostlin a rostlinného společenstva. Přímo ovlivňuje všechny typy režimů v krajině.

Evapotranspirace představuje výdej vody v prostředí:

PEDOSFÉRA – FYTOSFÉRA – ATMOSFÉRA. Vyjadřuje převod vodní komponenty v krajině (povodí, pozemku) ze zásob půdní vody do ovzduší.

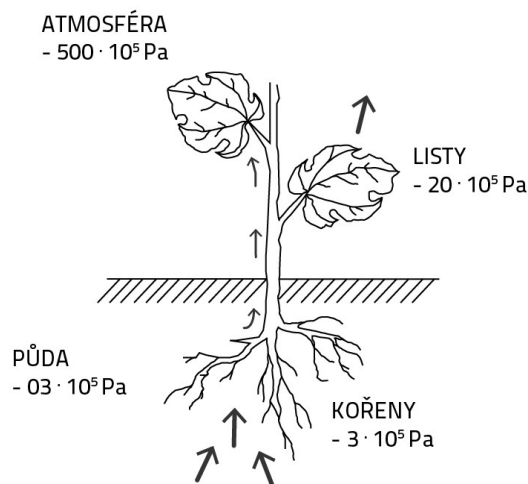
Evapotranspirace je úhrn půdní a povrchové vody, která se do kontaktní vrstvy atmosféry převádí jednak **evaporací**, výparem z povrchu půdy, vodních ploch, ostatních ploch a **transpirací** porostu rostlinných společenstev. Oba jevy se řídí shodnými fyzikálními zákony a jsou ovlivněny stejnými vnějšími podmínkami (přímým slunečním zářením, teplotou a vlhkostí vzduchu, výměnou vzduchových hmot). Jako vnitřní činitelé působí na evapotranspiraci hydrologické vlastnosti půd, vodní režim pedosféry, zejména momentální zásoba půdní vody a sací síla půdy, a vnitřní parametry rostlinných společenstev. Pěstované plodiny a kultury hodnotí vědní disciplína – fyziologie rostlin.

Vodní režim rostlin posuzuje význam vody pro vývoj a růst sledovaných rostlin v závislosti na jejich konkrétních nárocích na podmínky zásobování vodou. Vodní režim rostlin je diferencovaný podle charakteru různých rostlinných druhů a jejich požadavků na vodní prostředí.

Vodní režim rostlin posuzuje tři základní fáze:

Příjem vody z pedosféry – vedení vody rostlinami – výdej vody do atmosféry.

Tento proces je řízen energetickou bilancí hydrologického potenciálu, změnou vazeb vody k pevné části půdy. To zahrnuje sací tlak půdní vody, sací sílu kořenového vlášení, energetické vztahy v rostlinných orgánech, zejména úroveň hydratace rostlinných buněk, anatomickou a morfologickou stavbu rostlinných orgánů a vnější vlhkostní a teplotní podmínky ve spodní vrstvě atmosféry.



Obr. 44 Příjem vody rostlinou

Vodní režim aktivní kořenové zóny půdy a aktuální zásoba půdní vody podmiňuje proces příjmu vody rostlinami. Pokud je zásoba půdní vody na úrovni optimální dostupnosti kořenovým vlášením, tj. odpovídá rozmezí zásoby půdní vody na úrovni hydrolimitů polní vodní kapacita a bod snížené dostupnosti půdní vody, probíhá **potenciální evapotranspirace**. Při tomto stavu zásobování půdní vody probíhají optimální fyziologické, biochemické procesy rostlin a je využívána přirozená úrodnost půdy při tvorbě biomasy. Poklesem zásoby půdní vody v profilu pod bod snížené dostupnosti nastává omezená dostupnost vody pro krytí vláhové spotřeby rostlin. Rostliny nemají dostatek disponibilní vody pro biologické procesy a snižuje se vitalita rostlin. Pokud momentální **zásoba půdní vody klesne k hydrolimitu bod vadnutí**, je z aktivního půdního profilu vyčerpaná veškerá kořenovým systémem využitelná půdní voda a růstové pochody rostlin se zastavují. Nastává stav trvalého, většinou nevratného vadnutí – stav půdního a následně fyziologického sucha.

Průběh evapotranspirace je přímo ovlivňován vnějšími faktory: zásobou dostupné půdní vody a meteorologickými podmínkami ve spodní vrstvě atmosféry. Nepřímými faktory jsou fyziologické, morfologické a biochemické procesy v rostlinných organizmech, které vyjadřují proměnné nároky rostlinného druhu na podmínky zásobování vodou v probíhající vývojové fázi a růstové etapě. Nároky pěstovaných i volně rostoucích rostlin na hydrataci buněk a na krytí vláhových potřeb se liší. Pro klimatické podmínky ČR jsou vyjádřeny hodnotami vláhové potřeby jednotlivých polních plodin, ovocných stromů a trvalých kultur v ČSN 750434. Hodnoty vláhové potřeby plodin (potenciální evapotranspirace) vyjadřují celkovou potřebu vody za vegetační období plodiny. Vláhová potřeba plodin se pohybuje v rozmezí od 200 mm (př. obilniny) do 370 mm (cukrová řepa, kukuřice na zrno), až 480 mm (víceleté pícniny, louka). Ovocné stromy mají vláhovou potřebu v hodnotách od 350 mm (vinná réva, chmel, meruňky) až 500 mm (jabloně, broskvoně, jahody). Průměrná denní vláhová potřeba plodin je v rozmezí od 1,5 až 4 mm. Vlivem vysokých teplot vzduchu a nízké relativní vlhkosti vzduchu dosahuje denní vláhová spotřeba na vláhu náročných rostlin až 8,0 mm, výjimečně i více. Pro operativní řešení krátkodobých hydrologických bilancí (týdenní – měsíční) vodních režimů rostlin je potřebné určovat operativní výpočty, které odvodí přebytky, eventuálně

deficity přirozených srážek, tj. rozdíly mezi aktuální potřebou bilancované rostliny, porostu a výskytem srážek.

Vodní bilance povodí (pozemku) využívá hodnot **referenční evapotranspirace**, kterou stanovil pro oblasti České republiky ČHMÚ (Atlas podnebí Česka, 2007). Referenční evapotranspirace představuje potenciální spotřebu vody hypotetické plodiny, která odpovídá travnímu porostu s konstantní výškou (0,12 m), plným zápojem a optimálními vláhovými podmínkami během celého vegetačního období. Modelovým výpočtem je hodnota stanovena z empiricky prokázaného funkčního vztahu k souboru meteorologických činitelů. Využívá se metoda doporučená FAO, založená na modifikovaném Penman-Monteithově postupu.

5. EXTRÉMNI STAVY VODNÍCH REŽIMŮ

Charakteristika vodních režimů na území povodí je přímo závislá od konkrétních klimatických podmínek, které vymezují klimatické oblasti podle dlouhodobých vztahů mezi příjmovými a výdajovými složkami vodní bilance. Charakter klimatu patří mezi zadané vlastnosti krajiny a povodí. Vždy posuzuje poměry vyjádřené dlouhodobými průměry rozhodujících meteorologických hodnot pro zájmovou oblast. V klimatologii se užívá široký soubor klasifikací, které vyjadřují stavy přímo ovlivňující stálou vodní bilanci povodí. Rozlišují se klimatické oblasti **extrémně suché (pouštní), suché (stepní) – aridní, polosuché – semiaridní, polovlhké – semihumidní a vlhké – humidní**.

V každé klimatické zóně (oblasti) se s určitou pravděpodobností vyskytují mimořádné hydrologické situace – stavy přebytku nebo nedostatku vody. Hydrologické bilance vodních režimů v krajině se odchyľují od dlouhodobých poměrů, které vyjadřují především důsledky nahodile se vyskytujících, nepravidelných srážkových poměrů. K extrémním hydrologickým situacím patří stavy způsobené zvyšováním zásob vody – pozitivní hydrologickou bilancí či jejím úbytkem – pasivní hydrologickou bilancí. V extrémních časových a lokálních podmínkách to způsobuje zamokření až povodně nebo stavy sucha. Tyto jevy se vyskytují nepravidelně, náhodně a mívají škodlivé účinky. S probíhající změnou klimatu se jejich četnost a výraznost zvyšuje. Ochrana před škodlivými důsledky extrémních jevů je předmět veřejného zájmu ve vodním hospodářství, vyžaduje komplexní řešení podmínek, které snižují výskyt a způsobené škody.

5.1. Povodně

Podle zákona č. 254/ 2001 Sb. o vodách, se za povodeň rozumí **přechodné výrazné zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných povrchových vod, při kterém voda již zaplavuje území mimo koryto vodního toku a může působit škody**. Povodně je i stav, kdy voda může způsobit škody tím, že z určitého území nemůže dočasně přirozeně odtékat nebo její odtok je nedostatečný, případně dochází k zaplavení území při soustředěném odtoku srážkových vod. Povodeň může být způsobena přírodními jevy, zejména táním sněhu, dešťovými srážkami, chodem ledu nebo jinými vlivy. Zejména havárie vodního díla může vést až k jeho protržení (**označovaná jako zvláštní povodeň**).

Nejčastější příčinou povodní na našem území jsou srážky a náhlé tání sněhu při zvýšených teplotách vzduchu. Povodeň způsobují i ledové jevy na tocích, zvl. pohyb ledových ker. Povodeň je třeba chápat jako neoddelitelnou součást hydrologického oběhu v krajině. Vždy je důsledkem aktivní hydrologické bilance v povodí. V důsledku vysokého úhrnu srážek, vlivem rychle tajícího sněhu, při kterém se uvolňují srážky spadlé v předcházejícím časovém období, převyšují příjmové složky hydrologické bilance složky ztrátové – odtoky, infiltraci a evapotranspiraci. Projevy extrémních podmínek ve vodních tocích odjakživa působily lidstvu obtíže, ztráty na životech a majetku. V posledním období se tyto újmy zvyšují v souvislosti s populačním vývojem, růstem materiálních hodnot a životní úrovní obyvatel. Náročnost na krytí následků škod se zvyšuje, narůstá rozsah zranitelnosti životního prostředí.

Průběh povodně se nevyvíjí v částech povodí stejně. Nerovnoměrné rozdělení srážkových úhrnů, intenzit deště, rozdílů v průběhu odtoků z plochy, velikosti retenčních prostorů na ploše povodí, průtočné kapacity dílčích úseků koryt vodních toků a průběh tvorby

povodňových vln ovlivňují jednotlivé části povodí různou mírou. Rozdílná je také míra zabezpečení návrhových průtoků a povodňové ochrany na různých tratích toku. Je respektována potenciální výše škod způsobených povodní. Rozlivy vody nejsou vždy škodlivé. Na území bez staveb, v oblasti lužních lesů, nivních luk i méně úrodné půdy mohou záplavy užitečně zadržet část objemu povodňové vlny, a tím zmírnit škody způsobené povodní v dolních tratích vodního toku. O charakteru povodně rozhoduje především velikost plochy povodí, která byla zasažena příčinnou srážkou, zejména při vyšší intenzitě deště. Vydatná srážka na relativně malé ploše může změnit horský potok v bystřinu, zatímco obdobná srážková situace na korytě větších řek se na zvýšení vodních stavů podstatně neprojeví. K vzniku povodně na velkých řekách je zapotřebí, aby pršelo mnoho hodin i dní nebo došlo k rychlému tání sněhu na velké ploše povodí. Tyto situace rozlišují povodně na místní (lokální) na drobných tocích a na plošně rozsáhlé povodně. Výskyty povodní a jejich důsledky jsou nepravidelné. Rozdílně se vyskytují a projevují v čase i v místě.

S výskytem povodní je třeba neustále počítat. Z ekologického hlediska lze povodně považovat za součást dlouhodobých vývojových procesů přírody. Výskyt povodní je nerovnoměrný v čase, v průběhu vegetačního nebo zimního období. Vždy představuje v přírodě impuls a určitý skok ve vývoji ekosystémů.

Předpovědi povodní se provádějí pomocí různých matematických modelů. Jedním z nich jsou **umělé neuronové sítě (ANN)**. Ty dokážou poměrně přesně pracovat s historickými daty a předpovídat velikosti průtoků 1-2 hodiny do budoucnosti. Perceptronové sítě s algoritmem back propagation (zpětného šíření) jsou nejčastěji používanou variantou ANN (Kovář et. al, 2013).

Z pozice ekologických přístupů k ochraně před povodněmi platí konkrétní zásada: umožnit v krajině co největší prostor říčním rozlivům. Říční nivy racionálně obhospodařovat a revitalizovat koryta toků. Základem je zvýšení retenčních prostorů na celé ploše povodí. Součástí eliminování škod vyvolaných záplavou pozemků je i nutnost umožnit po průchodu povodňové vlny rychlé odvedení vody z krajiny zpět do vodního toku. Při dlouhodobém zatopení dochází ke škodám na vegetaci. **Podle příčin a sezónního výskytu se rozlišují povodně:**

Letní povodeň způsobená následkem:

- krátkých přívalových dešťů,
- regionálních dešťů.

Zimní a jarní typy povodní následkem:

- tání sněhové pokrývky,
- vytváření a pohybu ledové masy v toku.

Příčiny vzniku povodňové situace jsou dále ovlivňovány charakteristikou povodí a vnějšími podmínkami na ploše povodí. Odtokové poměry závisí na retenční schopnosti půdního profilu, zejména na míře nasycení půdy podpovrchovou vodou. Na zamrzlé půdě, i s nízkou zásobou půdní vody, dochází velmi rychle k tvorbě soustředěného povrchového odtoku. Při plném nasycení půdního profilu na úroveň plné vodní kapacity dochází

k okamžitému povrchovému odtoku veškeré srážkové vody. Půda za tohoto stavu nemůže plnit retenční funkci. Krajina v konkrétním povodí má významný vliv na vznik a průběh povodně. Na ploše povodí dochází k retardaci odtoků ze spadlých srážek a k retenci a akumulaci vody v povodí. **Projevují se tyto vlivy krajiny na vývoj povodně:**

- zadržování srážek na ploše nadzemních orgánů rostlin – intercepce, které se přímo vypaří do atmosféry, a tak neovlivní odtoky či infiltraci vody do půdy. Toto množství vody se pozitivně uplatní v omezeném měřítku, pouze do plného využití rostlinného povrchu. Proto může ovlivnit jen počátek vzniku povodně. Větší objem intercepce je v případě sněhových srážek, které se hromadí na povrchu rostlin, zvl. u plně zapojených lesních porostů,
- povrchový odtok srážkové vody je snižován i akumulací v místních terénních bezodtokých depresích, v prohlubních, nerovnostech terénu apod. K této akumulaci dochází více v rovinách, v lesních porostech (prostory po vývratech aj.),
- infiltraci vody do půdního profilu. Objem infiltrované vody závisí na volných, odvodněných půdních prostorách (gravitačních pórech, preferenčních cestách). Je ovlivněn podpovrchovým (hypodermickým) odtokem, který na svazích odvádí vodu se zpožděním. O velikosti akumulace vody v půdě rozhoduje počáteční zásoba půdní vody v celém půdním profilu, vztah intenzity deště s intenzitou infiltrace vody do půdy. Intenzita deště nesmí převýšit intenzitu infiltrace. Tuto hodnotu ovlivňuje úroveň hospodaření na půdě, struktura pěstovaných plodin a kultur,
- retenční objem koryt vodních toků, tj. objem vody v rozmezí mezi aktuálním a maximálním vodním stavem, při kterém nedochází k přelítí břehových čar. Při naplnění koryta se vlivem tlaku vody na břehy toku zvyšuje hydrostatický tlak a voda je vcezována do přilehlého prostředí (perkolace). Při poklesu vodního stavu po průchodu zvýšených průtoků se projevuje odvodňovací účinek toku, voda se vrací do koryta.

Tvorbu odtoků ovlivňují přirozené vlastnosti povodí – tvar povodí, nadmožská výška, sklonitost a spád svahů, orografie území, fyzikální a hydrologické vlastnosti půd, vegetace. Význam mají i vybudovaná vodní díla a inženýrské stavby, zvl. v korytě a v nivě toku. Platí, že každé povodí je ojedinělé a v krajinném prostoru nemá opakování.

CHARAKTERISTIKY TYPŮ POVODNÍ

Letní povodeň z krátkodobých přívalových dešťů:

Povodně způsobené přívalovými dešti, tzv. „bleskové povodně“ jsou charakteristické krátkou dobou mezi dešťovým přívalem a vyvrcholením intenzivně se vytvářejícího povrchového odtoku z deštěm zasaženého území. Vytváří se prudký vzestup povodňové vlny. Doba kulminace při zvýšení vodního stavu v korytě až o několik metrů nastává za 2 až 15 hodin. V uzavřených horských údolích bystřin se nemohou povodňové vlny transformovat, takže se projevují v údolích narůstajícím extrémním průtokem.

Bleskové povodně jsou typické pro letní období, kdy se vytvářejí bouřkové, tzv. konvektivní dešťové srážky o velké intenzitě deště s krátkým trváním, které postihují omezené plochy území. Vyvolávají povodně převážně na drobných vodních tocích. Je to nejčastější případ povodní. Mohou se vyskytovat i situace, kdy se projeví současný vliv několika izolovaných bouřkových útvarů, které postihují větší území. Jsou příčinou větších povodní s většími

negativní dopady na obyvatelstvo v údolích drobných toků. Povodňová vlna se vytváří rychle, čas překročení průtočné kapacity je velmi krátký. Předpovědní meteorologická a hydrologická služba nemá dosud účinné možnosti. Prognóza průběhu lokálních bouřkových lijáků je na základních meteorologických modelech omezená. K monitorování, lokalizaci a pohybu bouřkových útvarů slouží meteorologický radar. Česká republika je zapojená do evropského systému předpovědi počasí modelem Aladin.

5.2. Sucho

Stav sucha se projevuje z mnoha hledisek a s různými dopady. Vždy vyjadřuje pasivní hydrologickou bilanci všech typů vodních režimů v krajině. Vyskytuje se nahodile, v závislosti na nepravidelném výskytu a vlastnostech atmosférických srážek. Stav sucha vyvolané srážkovými deficity postihují převážně rozsáhlá území, nejsou ohraničovány rozvodnicemi, mají krátkodobé až sezónní doby trvání. Jsou obtížně předpověditelné meteorologickou službou. Nástup suchých period je pozvolný. Vždy mají škodlivé, převážně nevratné důsledky. Prevence proti stavům sucha je obtížná a nákladná. Neexistuje systém ochrany obdobný jako při povodňových situacích.

STAVY SUCHA

Podle projevů poklesu vodních zásob ve vodním prostředí, vodních útvarech a vodních dílech, vznikají tyto stavy sucha:

Sucho meteorologické:

Meteorologické sucho je vyjádřeno zápornou odchylkou aktuálního úhrnu přirozených srážek od srážkového normálu (Kožnarová V., Klazuba J., 2002). Vhodným indexem pro vyjádření meteorologického sucha je „Index meteorologicky možného sucha (IMMS)“, kterým se posuzuje bilance srážek a potenciální evapotranspirace dle Penmana na deficity využitelné vody v orniční vrstvě hlinité až hlinitojílovité půdy. Plochy s vyššími deficity srážek se nacházejí na převážně části zemědělsky obhospodařovaného území republiky. Převažují oblasti mírně vlhké až suché, zejména v oblasti úrodných půd v povodí Labe, Ohře, přítoků Berounky a na jižní Moravě. (Atlas podnebí Česka, ČHMÚ, 2007).

Sucho hydrologické:

Stav hydrologického sucha nastává při poklesu vodních zásob ve vodních útvarech, vodních dílech pod průměrnou hodnotu. Projevuje se poklesem vodních stavů v tocích, nízkým průtokem vody korytem, často až k hodnotám minimálních zůstatkových průtoků. Zhoršuje se kvalita povrchové vody. Snižují se provozní hladiny vody ve vodních nádržích, snižuje se zásoba vody v přirozených vodních útvarech – tůních, mokřadech a nastává pokles hladiny podzemní vody. Omezují se podmínky odebírání podzemní vody pro zásobování obyvatel pitnou vodou i možnosti odběru povrchové vody pro hospodářské využití. Celkový průtok vody v korytech toků je dotován převážně základním odtokem z podzemních vod, vydatnost pramenů se snižuje. Povrchový i hypodermický odtok se snižuje, až zastavuje. K nástupu hydrologického sucha dochází postupně, příznivě se uplatňuje retenční a retardační funkce půdního prostředí při šíření půdní vody během srážkových epizod. Vývoj hydrologických

situací na tocích a kolektorech podzemní vody monitoruje Český hydrometeorologický ústav, Povodí, s.p. a Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka v Praze. Tyto organizace vydávají pro příslušné vodoprávní úřady podklady pro řešení rozsahu nakládání s vodami v období sucha.

Sucho půdní:

Zásoba půdní vody je bezprostředně dotována infiltrací vody z atmosférických srážek. Proto je přímo závislá na charakteristice srážek – úhrnu, intenzitě srážek, době výskytu srážek a jejich formě. Hodnota zásoby vody v půdním profilu je ovlivněna fyzikálními a hydrologickými vlastnostmi jednotlivých půdních vrstev, zejména hodnotou mezních stavů zásoby využitelné půdní vody – **hydrolimity**: polní vodní kapacitou, bodem snížené dostupnosti a bodem vadnutí. Příjem srážkové vody a její využitelnost závisí na způsobu hospodaření na zemědělské i lesní půdě. K stavům půdního sucha dochází na půdách s promyvným vláhovým režimem půd. Vyžaduje se dodržovat zásady řádného hospodaření, které zvyšují převod povrchové vody po srážkách do půdní až podzemní vody. Využívá se vysoká retenční a akumulační schopnost půdního profilu. Pokud je horní zveď podzemní vody v dostupné hloubce, dochází ke kapilárnímu vztlínání z hladiny podzemní vody (podepřené kapilární zóny) do aktivní vrstvy půdy, ke kořenovému systému rostlin.

Stav půdního sucha vzniká po spotřebě využitelné půdní vody z aktivního půdního profilu evapotranspirací rostlinných společenstev. Heterogenita půdních vlastností na ploše i v profilu značně diferencuje podmínky zásobování rostlin půdní vodou. Hodnota zásoby využitelné půdní vody a spotřeba půdní vody rostlinami je velmi proměnlivá. Zvláště při hodnocení dynamiky vodních zásob v půdě a při pěstování monokultur polních plodin dochází k rozdílné spotřebě vody na jednotlivých pozemcích. Hydrologická bilance vodního režimu půd je pro každý pozemek specifická a zjištěný nástup půdního sucha se liší.

Fyziologické, biologické sucho:

Nedostatek zásoby využitelné půdní vody je předpokladem pro vývoj a vznik stavu biologického sucha, často označovaném i jako sucho agronomické. Sucho se projevuje i v prostředí přirozených ekosystémů. Rostliny, porosty polních plodin, trvalých kultur, lesní porosty i plochy veřejné zeleně trpí nedostatkem půdní vody. Dochází k vodnímu stresu rostlin. Omezuje se až zastavuje vodní provoz rostlin – čerpání vody z půdy, pohyb vody rostlinnými orgány a výdej vody do atmosféry evapotranspirací.

Potenciální evapotranspirace se snižuje na hodnotu aktuální omezené evapotranspirace již při poklesu zásoby půdní vody na stav snížené dostupnosti vody v půdě. Důsledkem je snížená biologická aktivita rostliny, omezení všech fyziologických a biochemických procesů – snížení tvorby biomasy a tím pádem i hospodářských výnosů. Stav biologického sucha má nevratné účinky. Každé omezení vodního režimu rostlin vede k redukci růstových procesů, k změně organogeneze rostlin, např. se urychluje doba kvetení a zrání. U přirozených ekosystémů dochází ke změně biodiverzity. Suchem jsou postihovány zejména na vodu náročné druhy rostlin. Na plochách a ve vodních dílech se zhoršují podmínky pro vývoj všech na vodu vázaných ekosystémů. Mění se mikroklimatické poměry, snižuje se relativní vlhkost vzduchu a zvyšuje se teplota vzduchu nad povrchem transpirujících rostlin.

Sociálně-ekonomické projevy sucha:

Nedostatek dostupné, jakostní vody má nepříznivé důsledky na společenské poměry. Dostatek vody byl, je a bude podmínkou pro progresivní vývoj společnosti, kultury a civilizace. Dokazují to historické skutečnosti – zánik civilizaci v Babylonu, snížení kulturní a hospodářské úrovně v Egyptě, Číně a v mnoha jiných oblastech světa. Přístupnost k dobré vodě je předpokladem pro zlepšení zdravotních podmínek, kulturního a hospodářského života ve všech oblastech světa. Zejména také v suchých, aridních regionech, které tvoří 38% zemské pevniny.

Nedostatek jakostní vody v potřebném množství a čase patří mezi nejčastější příčiny lidského strádání a hladomorů v globálním, ale i evropském prostoru. S nástupem globálního oteplování a změny klimatu se logicky předpokládá růst vláhových deficitů a nerovnoměrné rozdělení vody i v našich podmínkách. Je proto žádoucí s vodou řádně hospodařit, chránit omezené vodní bohatství v zemi, kde všechny zdroje srážkové vody odtékají. Je to v zájmu nejen vodohospodářů, ale všech uživatelů vod. Využití srážkové vody prioritně ovlivňují především hospodáři na půdě – zemědělci a lesníci. Jejich zodpovědnost je nezastupitelná.

6. HOSPODAŘENÍ S VODOU V POVODÍ

Výskyt vody na Zemi není výsledkem lidské činnosti. Voda v přírodě není výrobkem, zbožím. Vodní bohatství má mimořádnou užitnou hodnotu. Celospolečenská hodnota vod je předmětem ochrany, racionálního užívání s cílem dosáhnout udržitelný stav vod a omezit nepříznivé působení vody jako přirozeného živlu.

Povrchové a podzemní vody nejsou předmětem vlastnictví. Vlastnictví k vodám vzniká až jejich odebráním pro potřeby uživatelů vod.

Odvětvím národního hospodářství je „**vodní hospodářství**“. Představuje cílevědomou, zákony řízenou lidskou činnost, která vychází z historicky odvozených a soustavně rozvíjených poznatků vědního oboru – hydrologie. Vodní hospodářství zodpovídá za rozhodování, řízení, správu a péči o vodní útvary a vodní díla. Také zajišťuje podmínky nakládání a ochrany vod v daném krajinném prostoru a v oblasti povodí významných vodních toků. Vodní hospodářství vykonává své činnosti a zodpovědnost v souladu s ustanoveními platné legislativy, při respektování mezinárodních směrnic a dohod.

Předmětem činností vodního hospodářství jsou tyto základní obory:

TOKAŘSTVÍ – VODÁRENSTVÍ - KANALIZACE – HYDROENERGETIKA – HYDROMELIORACE.

Vodní hospodářství se nezabývá veškerou vodou ve fyzikálním nebo chemickém pojetí – vodou konstituční, osmotickou, kapilární v živých organizmech, v chemických látkách anebo vodou atmosférickou. Zabývá se jen tou vodou, která může být ovlivněna lidskou činností a potřebami.

Hlavními uživateli vod jsou:

- veřejné vodovody, zásobování obyvatel jakostní pitnou vodou,
- zemědělství, průmysl, podnikání a služby,
- vodní doprava,
- hydroenergetika,
- rekreace, provozování vodních sportů,
- rybářství a chov vodní drůbeže.

Pro naplnění celospolečenských zájmů a potřeb plní vodní hospodářství úkoly ve veřejném zájmu:

- ochrana množství a jakosti povrchových a podzemních vod z hlediska zachování a zlepšení dobrého stavu vod jako složky přírodního prostředí a na vodu vázaných ekosystémů a organismů,
- ochrana, rozvoj a trvale udržitelné užívání vodních zdrojů,
- vytváření podmínek pro dostupnost kvalitní pitné vody pro obyvatele, pro odvádění a čištění odpadních vod,
- ochrana přirozených vodních toků a péče o zachování jejich ekologických funkcí,

- správa vodních toků, vodních děl s cílem regulace odtokových poměrů z plochy povodí, podpora podmínek pro vodní dopravu, využití vodní energie, pro rekreaci a obecné užívání vod,
- zmírňování dopadů extrémních stavů hydrologických bilancí – povodní a sucha,
- vytváření podmínek pro ochranu a úpravu vodního režimu krajiny, s přihlédnutím k potenciálním dopadům klimatických změn.

Činnosti ve vodním hospodářství zabezpečují jednak orgány státní správy – vodoprávní orgány na všech stupních řízení, dále organizace zřizované ústředními vodoprávními úřady, pověřenými ministerstvy, Česká inspekce životního prostředí a podnikatelské subjekty. Ústředními vodoprávními úřady jsou Ministerstvo zemědělství, Ministerstvo životního prostředí, Ministerstvo zdravotnictví, Ministerstvo dopravy a Ministerstvo obrany. Náplň výkonu uvedených ministerstev je taxativně určena zákonem. Činnost regionálních vodoprávních orgánů řídí Ministerstvo zemědělství, které je i nejvyšším odvolacím orgánem.

Základním vodoprávním úřadem, který je oprávněn vydávat rozhodnutí o nakládání s vodami, vydávat povolení k provedení, změnám vodních děl, schvalovat jejich provozní a manipulační řády, je příslušný odbor (oddělení) obecního úřadu s rozšířenou působností. Zákonem č. 305/2000 Sb. byly zřízeny státní podniky Povodí Labe, Vltavy, Ohře, Moravy a Odry, které jsou řízeny Ministerstvem zemědělství a zodpovídají za komplexní činnost na úseku vodního hospodářství na vymezeném území hlavních povodí.

K hlavním prioritám a cílům vodohospodářské politiky ČR patří zejména:

- vytváření podmínek pro udržitelné hospodaření s omezeným vodním bohatstvím ČR.
To předpokládá:
- podporovat zadržování vody v území, na ploše jednotlivých povodí,
- soustavnou ochranu kvantitativního a kvalitativního stavu povrchových a podzemních vod ve vztahu k stavu vodních ekosystémů,
- umožnit udržitelné a vyvážené užívání vodních zdrojů,
- podporovat snižování nepříznivých vlivů zemědělského a lesního obhospodařování krajiny na vodní prostředí,
- změnit způsob konvenčního systému odvádění dešťových vod z urbanizovaných ploch, zvýšením zodpovědnosti vlastníka pozemku, stavby, ze které povrchová, dešťová voda odtéká, na její udržení v hydrologickém oběhu,
- zajistit účinnou ochranu životů a celého souboru hmotných, kulturních a environmentálních hodnot před extrémním působením vodních režimů – povodní a sucha. Zdůrazňuje se uplatnění principu prevence.
- podporovat hydrickou funkci lesů,
- posílit nezastupitelnou funkci vody v systému „půda-voda-rostlina“ na zemědělských, lesních půdách a ve vodních útvech (mokřady, tůně). Řešit problematiku retence, retardace a akumulace vod řádným systémem hospodaření na půdách.
- zdůraznit význam řešení komplexních pozemkových úprav ve vztahu k vodohospodářským zájmům, zejména řešením vlastnických vztahů k drobným vodním tokům a ochranu území před projevy vodní eroze,
- podporovat zvyšování zásoby vod na povodích výstavbou vodohospodářsky přínosných malých vodních nádrží a rybníků, stanovit lokality vhodné pro akumulaci povrchových vod a lokality na ochranu území vhodných pro umělou infiltraci povrchových vod do vod podzemních.

7. Ochrana vod

Vodní bilance povodí, které zpracovávají a předkládají správci pěti hlavních povodí ČR, státní podniky Povodí, hodnotí jak vodní a hydrologické bilance množství povrchových a podzemních vod, tak i jejich kvalitativní ukazatele. Činnosti vedoucí k úpravám nepříznivých stavů vod patří do kategorie prováděných ve veřejném zájmu. Cílem je ochrana vodních zásob, ochrana jakosti vod pro uživatelské systémy a především pro zachování a zlepšení udržitelného stavu vod. Požadavky jsou zadané Rámcovou směrnicí vodní politiky EU (č. 2000/60/ES). Vodní zákon č. 254/2001 Sb. ve znění novely č.150/2010 Sb. stanovuje zásady ochrany povrchových a podzemních vod v souladu s požadavky mezinárodních směrnic, doporučení a dohod. Vodní poměry v krajině, na ploše povodí, jsou přímo ovlivňovány využitím a redistribucí srážkové vody. O průběhu srážko odtokového procesu z povrchu zemědělských a lesních půd, ze zastavěných pozemků, komunikací, rozhoduje úroveň hospodaření na půdě. Ochrana vod, zejména ochrana jakosti vod, je logickou složkou ochrany životního prostředí.

Jakost povrchových vod je závislá na objemu odpadních vod, na úrovni jejich čištění a vypouštění do hydrografické sítě.

Podle ustanovení vodního zákona je obecnou povinností vlastníků pozemků nebo jejich uživatelů zajistit péči o pozemky tak, aby nedocházelo ke zhoršování vodních poměrů. Ochrana vodních poměrů požaduje plnění podmínek standardního dobrého zemědělského a environmentálního stavu (ustanovení opatření MZe ČR – GAEC II), plnění ustanovení zákonů č. 334/1992 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění pozdějších předpisů a zák. č. 285/1995 o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon), ve znění pozdějších předpisů. Požaduje se hospodařit tak, aby nedocházelo ke zhoršování odtokových poměrů, odnosu půdy erozní činností vody, k zanášení vodních toků i stojatých vod a dbát o zlepšování retenční schopnosti krajiny. Posílení retence vody v půdě je základním a nenahraditelným úkolem hospodářů na půdě, který vede k účelné ochraně vodního bohatství v kvalitě i kvantitě. Současný systém hospodaření na zemědělské a lesní půdě retenci vody v půdním profilu mnohdy příznivě neovlivňuje.

Ochrana jakosti vod

Udržení a zlepšování jakosti povrchových a podzemních vod je prioritním úkolem vodního hospodářství ve veřejném zájmu. Zdrojem všech vod na území České republiky jsou atmosférické srážky. Jejich množství je časově i místně velmi nahodilé a nerovnoměrné. Vodní bohatství je každoročně proměnlivé. Tato variabilita přímo souvisí se změnami v jakosti vod. Kvalita srážkové vody je příznivá až do okamžiku kontaktu se zemským povrchem. K změně jakosti odebrané vody z přírodního prostředí dochází v procesu nakládání s vodou, převodem do kategorie odpadních vod. V dalších navazujících procesech oběhu vody na ploše povodí dochází k postupné kontaminaci povrchových a návazně i podzemních vod. Voda je vynikajícím rozpouštědlem a tím přechází do stavu vodního roztoku. Jakost povrchových vod je ovlivňována jednak bodovými zdroji znečištění, zvl. při vyústění odpadních a drenážních vod, městských kanalizací a také plošným znečištěním (difúzním). K tomuto znečištění dochází při kontaminaci vod vyplavováním živin a pesticidů z půdy při plošném odtoku ze zemědělské půdy.

Vodní zákon vymezuje **Chráněné oblasti přirozené akumulace vod (CHOPAV)**, kterými se směřuje k preventivní ochraně území akumulace kvalitních vod před činnostmi, které by mohly ohrozit jejich jakost a množství. V těchto oblastech jsou zákonem taxativně vypočteny zákazy činností, jejichž rozsah je stanoven nařízením vlády č.40/1978 Sb, ač. 85/1981 Sb. Pokud vyhlášenými zákazy vznikne vlastníkovu pozemku škoda má nárok na její úhradu.

Plochy vhodné pro akumulaci povrchových vod pro snížení nepříznivých účinků povodní a sucha se k jejich územní ochraně před jinými aktivitami vymezují v Politice územního rozvoje a v územní plánovací dokumentaci jako Území chráněná pro akumulaci povrchových vod. Tato území byla v rámci pořizování Plánů hlavních povodí ČR určena pro ochranu území k plánované výstavbě vodních nádrží.

Ochrana podzemních vod

Zdroje podzemních vod jsou přednostně vyhrazeny pro zásobování obyvatel pitnou vodou. Rámcová směrnice jednoznačně ukládá členským zemím EU zajistit nezbytnou ochranu vodních útvarů využívaných k odběru pitné vody s cílem zabránit zhoršování jejich kvality. Tím se přispěje ke snížení stupně úpravy potřebného pro výrobu pitné vody. Pro tyto vodní útvary mohou členské státy zřídit ochranná pásma. Podrobněji vyžaduje Evropský parlament a Rada směrnicí č. 2006/118/ES ochranu podzemních vod před znečištěním a zhoršováním její jakosti a množství.

Vodní zákon ukládá vodoprávním úřadům stanovit ve veřejném zájmu Ochranná pásma vodních zdrojů. Vyhláší se k ochraně vydatnosti, jakosti a zdravotní nezávadnosti zdrojů podzemních nebo povrchových vod, které se využívají pro zásobování pitnou vodou s průměrným odběrem větším než 10 000 m³ za rok a pro ochranu zdrojů podzemní vody pro výrobu balené kojenecké vody nebo pramenité vody.

Ochrana vodního zdroje se děje ve 2. stupních. Ochranné pásmo I. stupně slouží k ochraně vodního zdroje v bezprostředním okolí jímacího nebo odběrného objektu. Ochranné pásmo II. stupně slouží k ochraně vodního zdroje v územích stanovených vodoprávním úřadem tak, aby nedocházelo k ohrožení jeho vydatnosti, jakosti nebo zdravotní nezávadnosti. Nachází se vně ochranného pásma I. stupně. Rozsah vyhlášených ochranných pásem je určen zákonem, v odůvodněných případech stanovením vodoprávního úřadu v souladu s místními poměry. V ochranných pásmech je ze zákona omezena činnost poškozující vydatnost a jakost vodního zdroje. Vyhláška č.137/1999 Sb. stanovuje seznam vodárenských nádrží a zásady pro stanovení a změny ochranných pásem vodních zdrojů. Vodoprávní úřad může na návrh vlastníka vodního díla v zájmu jeho ochrany opatřením obecné povahy stanovit ochranná pásma podél něho a omezit provádění některých činností. Vlastníci pozemků a staveb v ochranném pásmu mají vůči vlastníkovu vodního díla nárok na úhradu majetkové újmy. Ochranná pásma se vyznačují údaji o způsobu ochrany nemovitostí. Pro zdroje povrchových vod, využívaných jako zdroje pitné vody, jsou požadavky na hodnoty přípustného znečištění uvedeny v nařízení vlády č. 61/2003 Sb., v pozdějších novelizacích v souladu se směrnicí Rady 75/400/EHS.

Ochrana jakosti vod v útvarech povrchových vod vychází ze směrnice 912/271/EHS o čištění městských odpadních vod vyhlášením Citlivých oblastí. Jsou to vodní útvary, ve kterých dochází nebo může dojít v důsledku vysoké koncentrace živin k nežádoucímu stavu jakosti

vod, a které jsou nebo mohou být využívány jako zdroje pitné vody, v nichž koncentrace dusičnanů přesahuje hodnotu 50 mg/l, nebo v nichž je nutný vyšší stupeň čištění odpadních vod. Citlivé oblasti vyhláší vláda. Citlivými oblastmi jsou všechny povrchové vody na území ČR.

Směrnice Rady č. 91/676/EHS, „nitratová směrnice“ slouží k ochraně vod před znečištěním způsobeným dusičnany ze zemědělských zdrojů. Vymezuje Zranitelné oblasti. Jsou to území, kde se vyskytují povrchové nebo podzemní vody, zejména využívané jako zdroje pitné vody, v nichž koncentrace dusičnanů překračuje hodnotu 50 mg/l nebo může této hodnoty dosáhnout. Zemědělské hospodaření na pozemcích v zranitelných oblastech se podřizuje příkázaným způsobům dle akčního programu vyhlášeného nařízením vlády č. 252/2012 Sb. (kterým se stanovují i zranitelné oblasti). V r. 2012 činila výměra zranitelných oblastí v ČR 1 858 392 ha (49%) zemědělského půdního fondu.

K dalším opatřením, která se vztahují k hodnocení a využívání vod patří:

Ochrana vod využívaných ke koupání osob. Lokalizaci povrchových vod využívaných pro koupání osob určuje Ministerstvo zdravotnictví ve spolupráci se správci povodí, vodoprávními úřady a příslušnou Krajskou hygienickou stanicí, pokud jakost vod odpovídá podmínkám novely zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a navazujících vyhlášek. Krajské hygienické stanice jsou orgány státní správy na úseku kontroly jakosti vod ke koupání v přírodních koupalištích a dalších vyznačených profilech povrchových vod. Aplikuje se ustanovení směrnice 2006/7/ES o řízení jakosti vod ke koupání. Vyhláška č. 159/2003 Sb., ve znění vyhlášky č. 168/2006 S., stanovuje přehled povrchových vod využívaných ke koupání osob.

Ochrana vod pro podporu života ryb je požadovaná směrnicí 78/659/EHS a její novelou č. 2006/44/ES o jakosti sladkých vod vyžadující ochranu nebo zlepšení pro podporu života ryb. Z hlediska ekologického a hospodářského se tím chrání rybí populace před škodlivými důsledky znečišťujících látek v povrchových vodách. Limity jakosti vody stanoví nařízení vlády č. 71/2003 Sb., o stanovení vod vhodných pro život a reprodukci původních rybích druhů ryb a dalších vodních živočichů. Pro dosažení vhodného stavu vody a řádného způsobu rybářského obhospodařování je oprávněn vodoprávní úřad vydat v souladu se zákonem č. 99/2004 Sb., o rybářství rozhodnutí a stanovit podmínky pro výkon rybářského práva.

Jakost vody odebírané pro závlahy.

V zájmu ochrany zdraví se monitoruje jakost závlahové vody. Sleduje se obsah přípustných hodnot nežádoucích látek v závlahové vodě dle ČSN 75 7143 Jakost závlahové vody. Vhodnost vody pro zavlažování různých druhů plodin rozhoduje zjištěné překročení sledovaného ukazatele. Dle jakosti vody pro doplňkové závlahy se vody rozdělují do tří tříd:

Závlahová voda **vhodná**, kterou lze používat pro zavlažování všech plodin bez omezení.

Závlahová voda **podmíněně vhodná**, která obsahuje zvýšený obsah nepřípustných látek. Tuto vodu lze používat pro závlahu plodin, které se konzumují v syrovém stavu. Předepisuje se ochranná doba mezi termínem poslední závlahy a sklizní. Ochranná doba trvá až 21 dní např. u zelenin konzumovaných v syrovém stavu, jahod, salátu a čerstvě sklizené ovoce.

Rovněž se určuje pásmo hygienické ochrany kolem souvislé zástavby, rekreačních zařízení, komunikací, vodních toků a nádrží. Šířka pásma činí až 100 m (bytová zástavba).

Vodu pro závlahy **nevhodnou** je možné používat jen po účinné úpravě. Hodnocení jakosti závlahové vody se vztahuje i pro zavlažování v zastavěném území, zahrad a sportovišť. Podmínky sledování jakosti závlahové vody schvaluje vodoprávní úřad v rozhodnutí o podmínkách uvedených v Manipulačním a provozním řádu závlahového vodního díla. Monitoring jakosti odebírané závlahové vody vede odběratel vody z povrchových vod.

Monitoring stavu povrchových a podzemních vod, tj. zjišťování a hodnocení stavu vod, slouží jako podklad pro výkon veřejné správy, plánování a poskytování informací. Vede se podle povodí povrchových vod a hydrogeologických rajonů podzemních vod. Monitoring vod zajišťují správci povodí a Český hydrometeorologický ústav s cílem dosáhnout dobrého stavu vod a dobrého ekologického potenciálu.

Ministerstvo životního prostředí zveřejnilo Rámcový program monitoringu zpracovaný dle vyhlášky č. 98/2011 Sb. o způsobu hodnocení stavu povrchových vod, způsobu hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých útvarů povrchových vod. Sledování se provádí pro analýzu všeobecných a vodohospodářských charakteristik dílčích povodí a zhodnocení dopadů na stav povrchových vod.

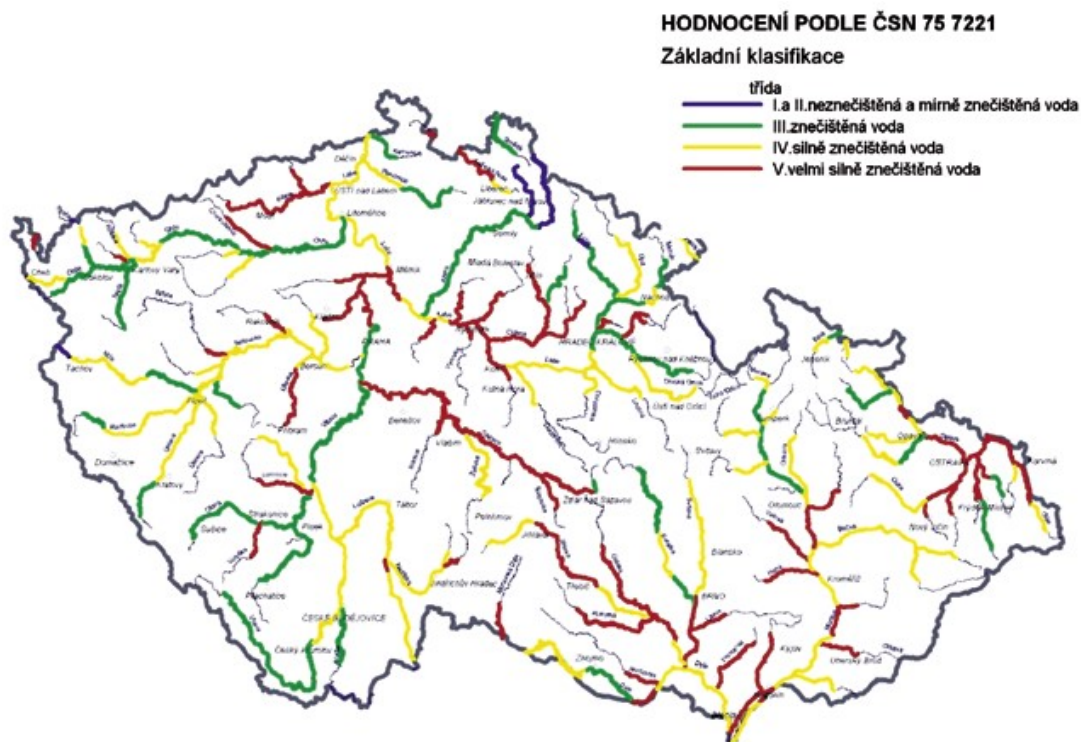
Situační monitoring vod sleduje analýzy komplexních kvantitativních a kvalitativních parametrů dílčích povodí v příslušných profilech toku a lokalitách, které hodnotí vlivy a dopady na stav povrchových vod, dlouhodobé změny přírodních podmínek a změn způsobených lidskou činností. Zjištění slouží k vedení vodní a hydrologické bilance.

Provozní monitoring zjišťuje stavy těchto útvarů povrchových vod, které byly identifikovány z hlediska dosažitelných environmentálních cílů jako rizikové a vyhodnocuje všechny změny stavu těchto vodních útvarů. Takto jsou monitorovány útvary povrchových vod ohrožené významnými bodovými či difúzními zdroji znečištění.

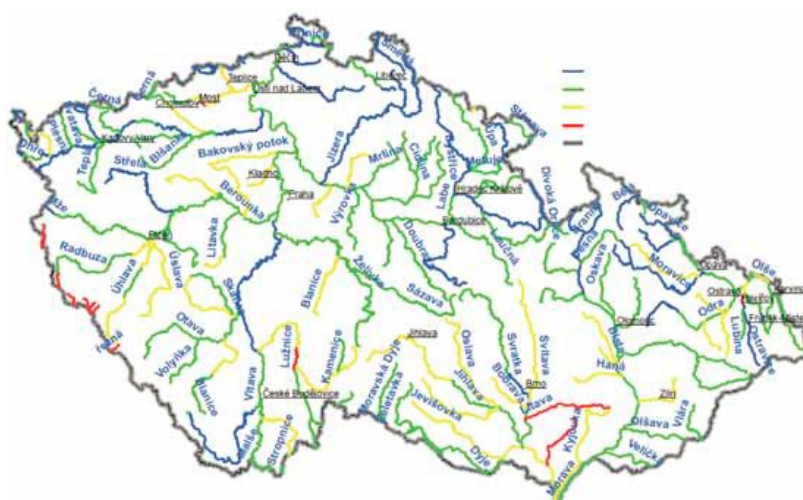
Monitoring podzemních vod sleduje systematicky stav vod na síti objektů pramenů a pramenišť, stav vod v oblastech s mělkými kvartérními vrty a v hydrogeologických oblastech s hlubokými vrty.

V rámci monitoringu jakosti povrchových vod je sledován stav plavenin a sedimentů. Posuzuje se koncentrace plavenin – množství nerozpuštěných látek v konstantním objemu vody, průtok splavenin (kg/s) v relaci s celkovým průtokem vody měrným profilem toku a celkový odtok plavenin (t) z plochy povodí, respektive specifický odtok plavenin (t/km²).

O stavu vod na území ČR informuje portál VODA České republiky (www.voda.gov.cz).



Obr. 45 Jakost vody 1991-1992 podle ČSN 757221, zdroj ČHMÚ



Obr. 46 Jakost vody 2011-2012 podle ČSN 757221, zdroj: ČHMÚ

Pro zpracování výše uvedené mapy jakosti vody v tocích České republiky za období 2011–2012 poskytly správci povodí údaje z 290 profilů sítě sledování jakosti vod v tocích. Zařazení jednotlivých sledovaných profilů do **tříd čistoty podle ČSN 75 7221 je následující:**

I. třída neznečištěná voda – stav povrchové vody, který nebyl významně ovlivněn lidskou činností a při kterém ukazatele jakosti vody nepřesahují hodnoty odpovídající běžnému přirozenému pozadí v toku,

II. třída mírně znečištěná voda – stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které umožňují existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému,

III. třída znečištěná voda – stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které nemusí vytvořit podmínky pro existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému,

IV. třída silně znečištěná voda – stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky umožňující existenci pouze nevyváženého ekosystému,

V. třída velmi silně znečištěná voda – stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky umožňující existenci pouze silně nevyváženého ekosystému.

8. LITERATURA

Atlas podnebí Česka, ČHMÚ, 2007

Davie, T. (2008) Fundamentals of hydrology, 2nd ed., Routledge Fundamentals of Physical Geography, Taylor and Francis Group, London and New York

Heath, R. C. (1983) Basic Ground Water Hydrology; Water Supply Paper 2220; U. S. Geological Survey: Reston, VA

Horáček,Z., Král,M., Strnad,Z., Vytečková,V. (2011) Vodní zákon č.254/3001 Sb., v úplném znění s komentářem. Sondy s.r.o. Praha

Hydrologická ročenka ČHMÚ, 2012

Janeček, M. (2002): Ochrana zemědělské půdy před erozí. ISV Praha

Just,T. (2005) Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění před povodněmi. AOPK, MŽp, Praha

Kovář, P., Křovák,V. (1998) Hrazení bystřin.ČKAIT, sv.12, Praha

Kovář P., Vaššová D., Neruda M., Neruda R., Šrejber J., Jelínková A. (2013) Možnosti využití odlišných hydrologických modelů v řešení srážko-odtokových extrémů na malých povodích, Acta Oecologica, č. 2, r. 7, Ústí n. L.

Kožnarová, V., Klabzuba, J. (2002) Doporučení WHO pro popis meteorologických,resp. klimatologických podmínek definovaného období. Rostl. Výr. ČAZ-ÚZPI, Praha, 48, č.4, s.190-192

Kubíček, F. (2011) Prameny. In.: Kleczek, J. (edit.): Voda ve vesmíru, na Zemi, v životě v a kultuře. s. 223-240, Radioservis, a.s. Praha

Kutílek, M., Kuráž,V., Císlarová, M. (2000): Hydropedologie, ČVUT Praha

Odum, E. P. (1977): *Základy ekologie*, ACADEMIA Praha

Penka, M. (1985) Transpirace a spotřeba vody rostlinami. Academica, ČSAV Praha

Pokorný, J. Lhotský, P. (2006) Význam mokřadů pro ovlivňování vodní bilance krajiny. Vod. hospod., Praha, č. 2.,s. 31-33

Pondělíček V. (2001) Vodohospodářský management, skripta FŽP UJEP Ústí n. L.

Soukup, M., Hrádek, F. (1999) Optimální regulace povrchového odtoku z povodí. VÚMOP Praha

Spitz, P., Slavík, L., Zavadil, J. (1998): Progresivní úsporná závlahová zařízení a jejich využívání. Metodika, VÚMOP Praha

Šálek, J. (1996) Malé vodní nádrže v životním prostředí. Phare, sv. 27, VŠB-TU Ostrava

Šilar, J. (1996) Hydrologie v životním prostředí. Phare, sv.16, VŠB-TU Ostrava

Štibinger, J., Kulhavý., Z. (2010) Úpravy vodního režimu krajiny odvodněním. Monografie VÚMOP Praha, ČZU Praha,

Váška, J. a kol. (2000) Hydromeliorace, ČKAIT, sv.16, Praha

Zákopčaník, J. (2011) Voda v atmosféře. In.: Kleczek, J. (edit.): Voda ve vesmíru, na Zemi, v životě a v kultuře. s.109 – 120. Radioservis, a.s. Praha

Zavadil, J. (2008) Kritéria využití městských odpadních vod k závlaze zemědělských plodin. Metodika, VÚMOP Praha

Zuna, J. (2008) Hrazení bystřin, ČVUT Praha

Water resources as a challenge of the twentyfirst century (2003), ed. By WMO, No 959

Informační leták firmy OTT

ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod.

ČSN 75 0434 Meliorace. Potřeba vody pro doplňkovou závlahu.

ČSN 75 4200 Hydromeliorace. Úprava vodního zemědělských půd odvodněním.

ČSN 75 4210 Hydromeliorace. Odvodňovací kanály.

ČSN 75 7143 Jakost závlahové vody.

ČSN 75 4500 Protierozní ochrana zemědělských půd.

ČSN 72 2101 Ekologizace úprav vodních toků.

ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže.

ČSN 73 6851 Vodohospodářské nádrže.

ČSN 73 6820 Úpravy toků.

ČSN 75 2106 Hrazení bystřin a strží.

ČSN 75 7221 Jakost vod – klasifikace jakosti povrchových vod.

ČSN 75 1111 Pitná voda.

TNV 75 2010 Klimatické údaje prostorů vodních děl.

TNV 75 2102 Úpravy potoků.

TNV 75 2321 Zpřechodňování migračních bariér rybími přechody.

TNV 75 2321 Rybí přechody.

TNV 75 2322 Zařízení pro migraci ryb a dalších vodních živočichů přes překážky v malých vodních tocích.

TNV 75 2415 Suché nádrže.

TNV 75 2931 Povodňové plány.

TNV 75 4102 Pedologický průzkum pro meliorační opatření na zemědělských půdách.

TNV 75 4112 Hydrogeologický průzkum pro meliorace a zemědělské využívání krajiny.

TNV 75 4320 Závlahové kanály.

TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami.

TNV 75 4922 Údržba odvodňovacích zařízení.

TNV 75 4221 Regulace a retardace odtoků na zemědělských pozemcích odvodněných trubkovou drenáží.

TNV 75 2102 Úpravy potoků.