

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE

Fakulta záhradníctva
a krajinného inžinierstva

Ústav krajinného inžinierstva

Ing. Tatiana Kaletová, PhD. – prof. Ing. Ľuboš Jurík, PhD.
prof. Ing. Peter Halaj, CSc.

VODA V POĽNOHOSPODÁRSKEJ KRAJINE



Nitra 2022

Vydala Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
vo Vydavateľstve SPU

Autori: Ing. Tatiana Kaletová, PhD. (6,39 AH)
Ústav krajinného inžinierstva
FZKI, SPU v Nitre

prof. Ing. Ľuboš Jurík, PhD. (2,82 AH)
Ústav krajinného inžinierstva
FZKI, SPU v Nitre

prof. Ing. Peter Halaj, CSc. (2,04 AH)
Ústav krajinného inžinierstva
FZKI, SPU v Nitre

Recenzenti: Dr. h. c. prof. Ing. Dušan Húska, PhD.
Emeritný profesor, SPU v Nitre

Ing. Róbert Lenárt, PhD.
Hydromeliorácie, š. p. Bratislava

Schválila rektorka Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre dňa 4. 2. 2022
ako online skriptá pre študentov SPU.

Publikácia vydaná s podporou projektov KEGA č. 011SPU-4/2019 a VEGA č. 1/0747/20.

This work is published under the license of the Creative Commons Attribution
NonCommercial 4.0 International Public License (CC BY-NC 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



ISBN 978-80-552-2467-1

Predslov

Predložené skriptá majú slúžiť ako učebná pomôcka ku predmetu Voda v poľnohospodárskej krajine pre študentov I. stupňa na Fakulte záhradníctva a krajinného inžinierstva SPU v Nitre. Taktiež môžu byť prínosom pre všetkých, ktorí sa chcú oboznámiť s úvodom do problematiky vodného režimu krajiny, najmä poľnohospodárskej.

Skriptá sú doplnkom k prednáškam a cvičeniam. Sú spracované tak, aby ich bolo možné používať aj samostatne bez absolvovania prednášok a cvičení. Avšak, na druhej strane s prednáškami sa navzájom dopĺňajú a tvoria ucelený celok.

Osvojenie si vedomostí z predmetu uľahčí študentom štúdium v ďalších odborných predmetoch vo všetkých stupňoch štúdia ako aj pri tvorbe a písaní záverečných prác. Nadobudnuté vedomosti budú môcť následne uplatniť v praxi, či už v projekčnej alebo poradenskej oblasti.

Touto cestou chceme poďakovať recenzentom za vypracovanie posudkov, cenné rady a pripomienky. Zároveň žiadame všetkých čitateľov, aby nám poslali pripomienky a návrhy na doplnenie alebo upravenie textov a obrázkov, pokiaľ sme ich vlastnou nepozornosťou nepostrehli alebo nie sú v dostatočnej miere popísané a reprezentatívne.

Autori

V Nitre, júl 2021

Obsah

ZOZNAM OBRÁZKOV	6
ZOZNAM TABULIEK	8
ZOZNAM ZNAČIEK A POUŽITÝCH OZNAČENÍ.....	9
1 VODA V KRAJINE	11
1.1 FUNKCIE VODY	11
1.2 ZDROJE VODY V KRAJINE	12
1.2.1 Kolobeh a bilancia vody.....	15
1.2.2 Vodné zdroje Slovenska.....	18
1.2.3 Potreba a spotreba vody	21
1.3 UDRŽATEĽNÉ A INTEGROVANÉ VODNÉ HOSPODÁRSTVO	24
1.3.1 Aké problémy by mali byť integrované v rámci integrovaného vodného hospodárstva?	28
1.4 HLAVNÉ PROBLÉMY VODNÉHO HOSPODÁRSTVA V POĽNOHOSPODÁRSKEJ KRAJINE	30
1.5 POVODNE A SUCHO V KRAJINE	31
1.5.1 Príčiny a opatrenia na predchádzanie povodní a sucha	33
1.5.2 Povodne.....	34
1.5.3 Sucho v krajine	38
1.5.4 Hospodárenie s vodou v mestách.....	42
1.6 ZELENÉ OPATRENIA NA ZADRŽANIE VODY NA SLOVENSKU	43
1.7 ZNEČISTENIE VODY	45
1.7.1 Organické znečistenie.....	50
1.7.2 Znečistenie živinami	50
1.7.3 Znečistenie prioritnými látkami a látkami relevantnými pre SR.....	50
1.7.4 Významné hydromorfologické zmeny	51
1.7.5 Znečistenie podzemných vôd.....	51
1.7.6 Samočistenie vôd.....	52
1.8 KVALITA VODY	52
1.9 OPATRENIA NA REGULÁCIU VODY V KRAJINE	56
2 ZÁVLAHY	60
2.1 ZDROJE VODY PRE ZÁVLAHY	62
2.2 POTREBA ZÁVLHOVEJ VODY	63
2.2.1 Závlahové množstvo.....	64
2.2.2 Závlahová dávka	65
2.3 ZÁVLAHOVÉ ZARIADENIA	67
2.3.1 Otvorené kanály	68
2.3.2 Potrubné rozvody	68
2.3.3 Straty závlhovej vody.....	69
2.4 PODROBNÉ ZÁVLAHOVÉ ZARIADENIA	69
2.4.1 Mikrozávlahy.....	70
2.4.2 Závlaha postrekom.....	72
2.4.3 Závlaha podmokom.....	75
2.4.4 Závlaha preronom.....	77
2.4.5 Závlaha výtopou	78
3 ODVODNENIE	80
3.1 HLAVNÉ ODVODŇOVACIE STAVBY	83

3.2	PODROBNÉ ODVODŇOVACIE ZARIADENIA	84
3.2.1	Odvodnenie drenážou	84
3.2.2	Odvodnenie priekopami	89
3.3	VYUŽITIE ODVODŇOVACÍCH SYSTÉMOV NA ZAVLAŽOVANIE	90
4	MALÉ VODNÉ NÁDRŽE	92
4.1	FUNKCIE MALÝCH VODNÝCH NÁDRŽÍ	94
4.2	ROZDELENIE MALÝCH VODNÝCH NÁDRŽÍ	94
4.3	DRUHY MALÝCH VODNÝCH NÁDRŽÍ	97
4.3.1	Rybochovné nádrže, nádrže na chov vodnej hydiny	97
4.3.2	Účelové nádrže	97
4.3.3	Nádrže na čistenie vôd	98
4.3.4	Melioračné nádrže	99
4.3.5	Nádrže s infiltračnou funkciou	100
4.3.6	Rekreačné a okrasné nádrže	101
4.3.7	Revitalizačné nádrže, nádrže na ochranu biotopov, umelé mokrade	102
4.3.8	Ochranné nádrže – poldre	102
4.4	OBJEKTY MALÝCH VODNÝCH NÁDRŽÍ	105
4.5	STRATY VODY Z NÁDRŽE	108
4.6	PODKLADY PRE RIEŠENIE MALEJ VODNEJ NÁDRŽE	108
4.6.1	Klimatické podklady	108
4.6.2	Hydrologické podklady	109
4.6.3	Geomorfologické podklady	109
4.6.4	Geologické, pedologické a hydropedologické podklady	109
4.6.5	Vodohospodárske podklady	110
4.6.6	Geodetické podklady	110
4.7	REVITALIZÁCIA MALÝCH VODNÝCH NÁDRŽÍ	110
4.7.1	Ochrana malých vodných nádrží pred zanášaním	111
5	RYBNÍKY	113
5.1	TEPLOVODNÉ RYBNÍKÁRSTVO	113
5.2	STUDENOVODNÉ RYBNÍKÁRSTVO	116
6	VODNÉ TOKY V POĽNOHOSPODÁRSKEJ KRAJINE A ICH ÚPRAVA	118
6.1	KLASIFIKÁCIA VODNÝCH TOKOV	121
6.2	VŠEOBECNÉ ZÁSADY ÚPRAVY VODNÝCH TOKOV	126
6.2.1	Návrh trasy vodného toku	127
6.2.2	Návrh pozdĺžneho a priečneho profilu koryta vodného toku	128
6.3	NÁVRH OPEVNENIA KORYTA VODNÉHO TOKU	132
6.3.1	Úpravné a revitalizačné objekty na vodných tokoch	133
7	POUŽITÁ LITERATÚRA	136

ZOZNAM OBRÁZKOV

OBR. 1.1 FUNKCIE VODY V KRAJINE	12
OBR. 1.2 ROZDELENIE VODY NA ZEMI (HTTPS://WWW.USGS.GOV/MEDIA/IMAGES/DISTRIBUTION-WATER-AND-ABOVE-EARTH-0 ; UPRAVENÉ AUTORMI)	13
OBR. 1.3 TRI FARBY VODY: ZELENÁ VODA JE EVAPOTRANSPIRAČNÁ DAŽĎOVÁ VODA Z PŮDY, MODRÁ VODA POUŽÍVANÁ NA ZAVLAŽOVANIE A ŠEDÁ VODA KONTAMINOVANÁ AGROCHEMIKÁLIIAMI (CLOTHIER ET AL., 2010).....	15
OBR. 1.4 KOLOBEH VODY NA ZEMI (WWW.ENVIROPORTAL.SK)	16
OBR. 1.5 ROZDELENIE VODY V RÁMCI TEORETICKÉHO POVODIA (FALKENMARK ET AL., 1999)	17
OBR. 1.6 DOSTUPNOSŤ VODY V TEORETICKOM POVODÍ V DANÝCH KLIMATICKÝMI PODMIENKAMI A ĽUDSKÝMI AKTIVITAMI (FALKENMARK ET AL., 1999)	17
OBR. 1.7 ARALSKÉ JAZERO V ROKU 1960 A 2010 A 2020 (WWW.NASA.GOV)	30
OBR. 1.8 ZMENY V POVRCHOVEJ PLOCHE JAZERA URMIA, ODVOLENÉ ZO SNÍMOK LANDSATU (USGS, 2019).....	30
OBR. 1.9 PROTIPOVODŇOVÉ OPATRENIA – OCHRANNÁ HRÁDZA (VĽAVO HORE), POLDER (VPRAVO HORE), ŠTRBINOVÁ PREHRÁDZKA (VĽAVO DOLE) A BETÓNOVÁ PREHRÁDZKA (VPRAVO DOLE) (FOTO: KALETOVÁ).....	37
OBR. 1.10 PREJAV HYDROLOGICKÉHO (VĽAVO) A POĽNOHOSPODÁRSKEHO (VPRAVO) SUCHA (FOTO: KALETOVÁ)	39
OBR. 1.11 DRUHY SUCHA V KRAJINE (SPRACOVNÉ PODĽA FALKENMARK ET AL., 1999)	40
OBR. 1.12 SIEŤ MONITOROVACÍCH STANÍC KVALITY POVRCHOVEJ VODY V ROKU 2019 (SHMÚ)	56
OBR. 2.1 ODBER VODY RASTLINAMI Z RÔZNEJ HĽBKY KOREŇOVÉHO SYSTÉMU (ABDELRAOUF RAMADAN, 2009)	66
OBR. 2.2 POVRCHOVÁ KVAPKOVÁ ZÁVLAHA; 1 – FILTRAČNÉ ZARIADENIE, 2 – PRÍRODNÉ POTRUBIE, 3 – KVAPKOVÁČE	71
OBR. 2.3 MIKROPOSTREK	72
OBR. 2.4 POSTREKOVÁČ (VĽAVO) A PRENOSNÉ POTRUBIE S HYDRANTOM (VPRAVO) (FOTO: JURÍK).....	73
OBR. 2.5 LINEÁRNY ZAVLAŽOVAČ (FOTO: JURÍK)	74
OBR. 2.6 PÁSOVÝ ZAVLAŽOVAČ (FOTO: JURÍK)	75
OBR. 2.7 VÝTOK VODY DO BRÁZD V SYSTÉME WARNOW: 1 – HLAVNÉ PRIVÁDZACIE FÓLIOVÉ POTRUBIE VYSTUŽENÉ ZEMINOU, 2 – AUTOMATICKÝ HYDROSTATICKÝ VENTIL, 3 – ROZVODNÉ POTRUBIE, 4 – VÝTOKOVÉ POTRUBIE S PIESKOVÝM FILTROM, 5 – ZAVLAŽOVACIA BRÁZDA (REHÁK ET AL., 2015).....	75
OBR. 2.8 ZÁVLAHA PODMOKOM Z KANÁLOV (FOTO: KALETOVÁ).....	76
OBR. 2.9 ZÁVLAHA Z KANÁLOV	76
OBR. 2.10 RIEŠENIE PRERONOVEJ ZÁVLAHY Z KANÁLOV (REHÁK ET AL., 2015)	77
OBR. 2.11 USPORIADANIE SVAHOVITÉHO PRERONU (VĽAVO) A CHRBTOVÁ ZÁVLAHA PRERONOM (VPRAVO) (REHÁK ET AL., 2015) ..	78
OBR. 2.12 ZÁVLAHA RÝŽOVÉHO POĽA VÝTOPOU V PORTUGALSKU (FOTO: KALETOVÁ).....	78
OBR. 2.13 PRERUŠOVANÁ (VĽAVO) A NEPRERUŠOVANÁ (VPRAVO) ZÁVLAHA VÝTOPOU (REHÁK ET AL., 2015)	79
OBR. 2.14 NÁDRŽOVÁ VÝTOPA (VĽAVO) A LIMANOVÁ ZÁVLAHA (VPRAVO) (REHÁK ET AL., 2015)	79
OBR. 3.1 STOJATÁ VODA NA POVRCHU PŮDY (FOTO: KALETOVÁ)	80
OBR. 3.2 SVETLEJŠIE SFARBENIE VEGETÁCIE NA ZAMOKRENOM ÚZEMÍ (FOTO: KALETOVÁ)	80
OBR. 3.3 UKÁŽKA PROJEKTU PODPOVRCHOVÉHO ODVODNENIA S POMENOVANÍM VYBRANÉHO OZNAČENIA; ZELENÁ PLNÁ LÍNIA – HRANICA DRENÁŽNEJ SÚSTAVY (ODVODŇOVANÉHO ÚZEMIA), ZELENÁ PRERUŠOVANÁ LÍNIA – HRANICA DRENÁŽNEJ SKUPINY ..	85
OBR. 3.4 DRUHY SYSTEMATICKEJ DRENÁŽE; R – ROZCHOD DRENÁŽE	87
OBR. 3.5 ÚZEMIE ODVODNENÉ PRIEKOPAMI NA VÝCHODOSLOVENSKEJ NÍŽINE (WWW.MAPY.CZ)	89
OBR. 3.6 ODVODŇOVACIA PRIEKOPA NA ZÁHORÍ (FOTO: KALETOVÁ)	90
OBR. 4.1 PRIESTORY MVN	93
OBR. 4.2 DELENIE MVN PODĽA VZŤAHU KU ZDROJU VODY	96
OBR. 4.3 MVN Z HĽADISKA VÝŠKOVÉHO UMIESTNENIA A) KOPANÉ ZAHĽBENÉ; B) OHRÁDZOVANÉ C) ÚDOLNÉ	96
OBR. 4.4 UKÁŽKA KONŠTRUKCIE PODZEMNEJ NÁDRŽE	96
OBR. 4.5 ČIASTOČNE ZACHOVANÁ KLAUZÚRA PRI KORYTNICI (FOTO: JURÍK).....	98
OBR. 4.6 VEGETAČNÁ KOREŇOVÁ ČISTIAREŇ S VERTIKÁLNYM PRÚDENÍM (FOTO: JURÍK)	99
OBR. 4.7 MELIORAČNÁ NÁDRŽ NA ZACHYTENIE SEDIMENTOV (FOTO: KALETOVÁ).....	100

OBR. 4.8 SCHÉMY INFILTRAČNÝCH NÁDRŽÍ: A) PRÍRODNÁ NÁDRŽ, B) NÁDRŽ S FILTRAČNOU VRSTVOU, C) INFILTRAČNÁ NÁDRŽ S PREDRADENÝM USADZOVANÍM; 1 – PÔDA, 2 – FILTRAČNÁ VRSTVA, 3 – PLASTOVÉ TESNENIE, 4 – PREPAD DO TOKU (POTRUBIE)	101
OBR. 4.9 POLDER NAD OBCOU KLÁTOVÁ NOVÁ VES (FOTO: KALETOVÁ)	103
OBR. 4.10 USPORIADANIE BOČNÉHO NEPRETEKANÉHO POLDRA A PRETEKANEJ SUCHEJ NÁDRŽE (JURÍK, 2018)	104
OBR. 4.11 ZEMNÁ HRÁDZA MALEJ VODNEJ NÁDRŽE V KOLÍŇANOCH (FOTO: JURÍK)	105
OBR. 4.12 HOMOGÉNNA A HETEROGÉNNA HRÁDZA MVN	106
OBR. 4.13 VÝPUSTNÝ OBJEKT NA MALEJ VODNEJ NÁDRŽI (FOTO: KALETOVÁ)	106
OBR. 4.14 ŠACHTOVÝ (VĽAVO) A BOČNÝ (VPRAVO) BEZPEČNOSTNÝ PRIEPAD (FOTO: KALETOVÁ).....	107
OBR. 4.15 ZDRUŽENÝ FUNKČNÝ BLOK (FOTO: KALETOVÁ)	107
OBR. 5.1 KADISKO S PRÍSTUPOVOU RAMPOU (FOTO: JURÍK)	114
OBR. 5.2 ODCHOV KAPRA PODĽA STAROČESKEJ A ZRÝCHLENEJ METÓDY (TRESOVÁ, 1977).....	115
OBR. 5.3 ZABEZPEČENIE DOSTATOČNÉHO PREKYSLIČENIA VODY (VĽAVO HORE), ROZDELENIE RÝB PODĽA VEĽKOSTÍ DO RÔZNYCH NÁDRŽÍ S PRIMERANÝMI PODMIENKAMI (VPRAVO HORE A VĽAVO DOLE) A ZABEZPEČENIE PROTI ÚNIKU RÝB Z NÁDRŽE (VPRAVO DOLE) (FOTO: KALETOVÁ)	117
OBR. 6.1 PRIESTOROVÉ VÄZBY MEDZI VODNÝM TOKOM A OKOLITOU KRAJINOU (ALLEN ET AL., 2020, UPRAVENÉ AUTORMI)	118
OBR. 6.2 ČASTI VODNÉHO TOKU	119
OBR. 6.3 ZÁKLADNÉ PROCESY OVPLYVŇUJÚCE VODNÝ TOK	120
OBR. 6.4 OBČASNÝ (VĽAVO) A TRVALÝ (VPRAVO) VODNÝ TOK (FOTO: KALETOVÁ)	122
OBR. 6.5 KLASIFIKÁCIA VODNÝCH TOKOV PODĽA SCHUMMA (LEHOTSKÝ, KIDOVÁ, RUSNÁK, 2015).....	124
OBR. 6.6 KLASIFIKÁCIA VODNÝCH TOKOV PODĽA ROSGENA (LEHOTSKÝ, KIDOVÁ, RUSNÁK, 2015).....	125
OBR. 6.7 UKÁŽKA NÁVRHU TRASY UPRAVOVANÉHO VODNÉHO TOKU	128
OBR. 6.8 UKÁŽKA NÁVRHU POZDĹŽNEHO SKLONU DNA VODNÉHO TOKU	129
OBR. 6.9 UKÁŽKA VZOROVÉHO PRIEČNEHO REZU NAVRHOVANEJ ÚPRAVY VODNÉHO TOKU	131
OBR. 6.10 JEDNODUCHÝ LICHOBĚŽNÍKOVÝ PROFIL KORYTA VODNÉHO TOKU S PRIEČNYMI OBJEKTMI V DNE TOKU (FOTO: KALETOVÁ)	131
OBR. 6.11 OBJEKTY NA VODNÝCH TOKOCH; PRAHY (VĽAVO), MOST A PREHRÁDZKA (VPRAVO) (FOTO: KALETOVÁ).....	134
OBR. 6.12 RYBOVOD POD HRÁDZOU POLDRA (FOTO: KALETOVÁ)	135

ZOZNAM TABULIEK

TAB. 1.1 OBJEM VODY V JEDNOTLIVÝCH DRUHOCH VODY A PERCENTUÁLNY PODIEL NA CELOM OBJEME VODY NA ZEMI (ANTAL ET AL., 2014).....	13
TAB. 1.2 ZÁKLADNÉ HYDROLOGICKÉ ÚDAJE VYBRANÝCH RIEK NA SLOVENSKU	19
TAB. 1.3 CELKOVÁ BILANCIA VODNÝCH ZDROJOV SR VO VYBRANÝCH ROKOCH V KM ³	20
TAB. 1.4 VYUŽÍVANIE POVRCHOVEJ VODY NA SLOVENSKU V KM ³	22
TAB. 1.5 VYUŽÍVANIE PODZEMNEJ VODY NA SLOVENSKU V L.S ⁻¹	23
TAB. 1.6 ZÁSOBOVANIE OBYVATEĽSTVA VODOU Z VEREJNÝCH VODOVODOV	23
TAB. 1.7 DLHODOBÉ A KRÁTKODOBÉ OPATRENIA NA ZVLÁDANIE SUCHA.....	41
TAB. 1.8 SYSTÉMY A METÓDY ZADRŽIAVANIA VODY VO VIDIECKYCH OBLASTIACH (MIODUSZEWSKI, 1997, UPRAVENÉ AUTORMI).....	44
TAB. 1.9 POČET OBYVATEĽOV NAPOJENÝCH NA VEREJNÚ KANALIZÁCIU A BILANCIA ČOV	46
TAB. 1.10 ŠTRUKTÚRA HLAVNÝCH MELIORAČNÝCH ZARIADENÍ V SPRÁVE HYDROMELIORÁCIE, Š. P. K 31.12.2020	57
TAB. 2.1 OBJEMOVÁ HMOTNOSŤ A VYBRANÉ HYDROLIMITY PÔDNÝCH DRUHOV.....	66
TAB. 2.2 VLHKOSŤ PÔDY VO VRSTVÁCH PO 10 CM.....	67
TAB. 2.3 VÝPOČET OBSAHU VODY V PÔDE.....	67
TAB. 3.1 ZDROJE ZAMOKRENIA A SPÔSOB ODVODNENIA TÝCHTO PLÔCH	82
TAB. 3.2 SÚČINITEL VSAKOVANIA	86
TAB. 4.1 ROZDELENIE NÁDRŽÍ PODĽA FUNKCIE (POKORNÝ, 2009).....	95
TAB. 4.2 PREHĽAD REVITALIZAČNÝCH OPATRENÍ NA MALÝCH VODNÝCH NÁDRŽIACH A ICH ÚČINKY (JURÍK, 2018).....	111
TAB. 5.1 BONITNÉ TRIEDY RYBNÍKOV	116
TAB. 6.1 ORIENTAČNÉ ÚDAJE NÁVRHOVÝCH PRIETOKOV PRE KAPACITU KORYTA PODĽA STN 75 2102	130

ZOZNAM ZNAČIEK A POUŽITÝCH OZNAČENÍ

% – percento

‰ – promile

a pod. – a podobne

BM – Baltické more

CO₂ – oxid uhličitý

č. – číslo

ČM – Čierne more

ČOV – čistiareň odpadových vôd

ČR – Česká republika

ES – Európske spoločenstvo

et al. – et alli

FAO – Food and agricultural organization

ha – hektár

HPV – hladina podzemnej vody

IHVZ – integrované hospodárenie s vodnými zdrojmi

IMP – integrovaný manažment povodia

km² – kilometer štvorcový

km³ – kilometer kubický

l – liter

m – meter

m² – meter štvorcový

m³ – meter kubický

MVN – malá vodná nádrž

MŽP – ministerstvo životného prostredia

napr. – napríklad

NV SR – Nariadenie vlády Slovenskej republiky

ob. – obyvateľ

Obr. – obrázok

OSN – Organizácia spojených národov

OTN ŽP – odvetvová technická norma životného prostredia

OV – odpadová voda

Q₁₀₀, Q₅₀, Q₂₀, Q₁₀, Q₅, Q₁ – prietok vody vo vodnom toku s pravdepodobnosťou opakovania raz za 100, 50, 20, 10, 5 alebo 1 rok

Q_{355d}, Q_{180d}, Q_{90d} – prietok vody, ktorý je vo vodnom toku minimálne 355, 180 alebo 90 dní počas roka

Q_a – dlhodobý ročný prietok

Q_n – návrhový prietok

resp. – respektíve

s – sekunda

SHMÚ – Slovenský hydrometeorologický ústav v Bratislave

SR – Slovenská republika

STN – Slovenská technická norma

š. p. – štátny podnik

Tab. – tabuľka

TANAP – Tatranský národný park

tzv. – tak zvaný

UNEP – United Nations Environment Programme

UR – udržateľný rozvoj

USA – Spojené Štáty Americké

VH – vodné hospodárstvo

VO – vegetačné obdobie

VUT – Vysoké učení technické

VZ – vodné zdroje

WMO – World meteorological organization

Z. z. – Zbierka zákonov

Zb. – Zbierka zákonov

1 Voda v krajine

Voda je najrozšírenejšou látkou v prírode. Spolu s pôdou a ovzduším je nezastupiteľnou zložkou v životnom prostredí človeka. Je nevyhnutná pre existenciu bioty. Vodu a jej vplyv nachádzame všade v prírode – v oblakoch, hmle, mraze, erózii vrchov a kopcov, vo formovaní skál, údolí, či meandrov riek. Voda sa podieľa na formovaní životného priestoru Zeme, na jeho vznikaní, pretváraní a zániku. Ťažko by sme na Zemi našli niečo, čo nevďačí za svoju existenciu či podobu vode.

Vodné hospodárstvo je odvetvie, ktoré zabezpečuje vodu pre všetky ostatné sektory a pre celú spoločnosť podľa potrieb, a preto nemôže byť postavené mimo záujem ostatných oblastí. Avšak, na rozdiel napr. od energetiky nemá alternatívne zdroje. Aj preto vodu už niekoľko rokov považujeme za strategickú surovinu. Jeho úlohou je účelné, hospodárne a trvalo udržateľné využívanie vôd, všestranná ochrana vôd vrátane vodných a od vôd priamo závislých ekosystémov, ako aj ochranu pred nežiaducimi účinkami hydrologických extrémov, akými sú sucho a povodne.

Dlhodobou bolo vodné hospodárstvo nastavené na zdroje vody, ktorých obnoviteľnosť sa považovala za proces stacionárny, pri ktorom sa v čase nemení jeho stredná hodnota a rozptyl. Pri uvažovaní zmien klímy, že tieto procesy sú nestacionárne. To znamená, že ako v časových klimatických radoch, tak aj v hydrologických identifikujeme trendy. Vodné zdroje v určitej oblasti môžu klesať alebo narastať v závislosti od vývoja klimatických prvkov. Ročné alebo viacročné výkyvy disponibilných vodných zdrojov sme dokázali v minulosti riešiť či už pomocou ekonomických nástrojov alebo vytváraním rezervoárov vody, v našich podmienkach s ročným regulovaním.

1.1 Funkcie vody

Voda je multidimenzionálny objekt výskumu, ktorý sa objavuje v rôznych oblastiach:

- environmentálna – prírodné prostredie pre život,
- sociálna – citlivý základ pre rozvoj ľudských aktivít,
- finančná – ovplyvňuje turizmus, poľnohospodárstvo, rybárstvo a pod.,
- kultúrna – spojenie s folklórom, mytológiou, umením a náboženstvom,
- estetická – zastúpená ako „krásny“ prvok prírody.

V súvislosti s tým voda, ako jedna zo základných zložiek krajiny a životného prostredia človeka, plní mnoho veľmi významných spoločenských i ekonomických funkcií. Voda má celospoločenskú funkciu, ku ktorej v súčasnej dobe pristupuje rad ďalších dôležitých funkcií (Obr. 1.1):

- biologická funkcia – vyplýva zo skutočnosti, že voda má vedľa pôdy prvoradý význam pre zabezpečenie výživy obyvateľstva;
- zdravotná funkcia – je nezastupiteľná pre zaistenie osobnej i verejnej hygieny človeka a pre široké uplatnenie pri jeho rekreácii;
- estetická a kultúrna – prejavuje sa v niekoľkých rovinách, napr. v oblasti tvorby krajinného prostredia človeka, pri zvýšení životnej úrovne človeka, zvýšení ekologickej stability krajiny;

- politická a hospodárska funkcia – je daná strategickým významom vody pre celú spoločnosť;
- funkcia vody v poľnohospodárstve – voda je bezalternatívny produkčný faktor v poľnohospodárskej výrobe;
- funkcia vody ako chladiaceho média;
- dopravná funkcia – námorná a vnútrozemská (riečna) doprava, transport substrátov;
- energetická funkcia – je využívaná mechanická, chemická a tepelná energia vody;
- funkcia odpadového prostredia.



Obr. 1.1 Funkcie vody v krajine

1.2 Zdroje vody v krajine

Za trvalý zdroj vody môžeme považovať iba tú časť vody, ktorá sa v kolobehu vody v prírode stále obnovuje a je dostupná pre jej využitie. Zásoby vody na zemi sú zdanlivo veľmi veľké, ale ich priestorové a časové rozloženie a ich kvantitatívne vlastnosti často nie sú v súlade s potrebami ľudstva.

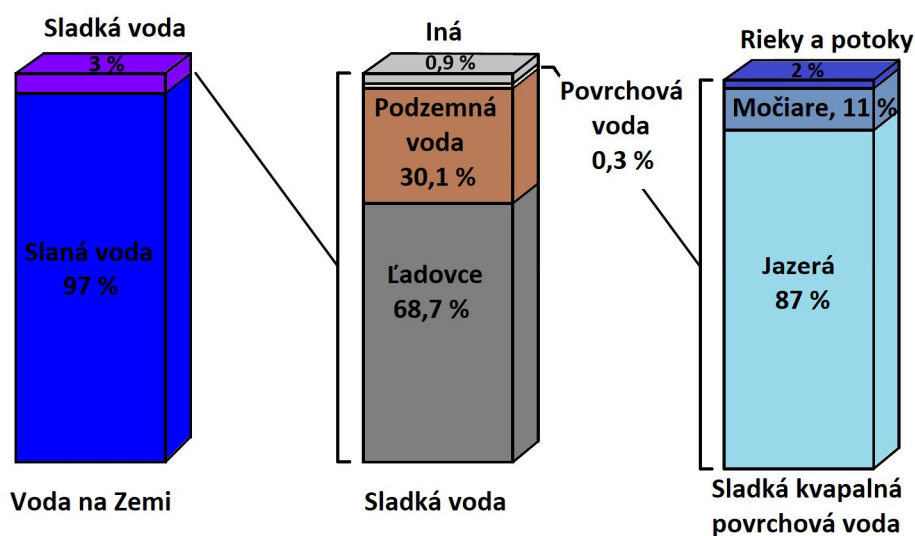
Podiel sladkej vody využiteľnej pre človeka na Zemi je približne 2,5 %, pričom väčšia časť je zamrznutá v ľadovcoch alebo sa nachádza vo veľkých hĺbkach pôdy (Obr. 1.2 a Tab. 1.1). V tej či onej forme sa voda vyskytuje v rozličnom množstve na každom mieste Zeme, umožňujúc tak život.

Podľa štatistík svetovej potravinárskej a poľnohospodárskej organizácie FAO – AQUASTAT je na svete celkom $52\,579,472\text{ km}^3\cdot\text{rok}^{-1}$ vody, čo je porovnateľné s 4,5-násobkom obsahu vody v atmosfére. Alebo môžeme povedať, že sa objem vody v atmosfére vymení asi 4,5-krát za rok. Obnova vody v riekach sa odhaduje v priebehu 8 – 15 dní, a preto je uvedená štatistika len statické hodnotenie a je potrebné vnímať aj doby obnovy vody v danom zdroji. Z celkového

množstva obnoviteľnej vody na svete sa odoberá pre potreby závlah $2\,672,640\text{ km}^3\cdot\text{rok}^{-1}$ vody z riek a nádrží.

Tab. 1.1 Objem vody v jednotlivých druhoch vody a percentuálny podiel na celom objeme vody na Zemi (Antal et al., 2014)

	Objem vody, km^3	%
Svetový oceán	1 338 000 000	96,54
Ľad, ľadovce a sneh	24 064 000	1,74
Podzemná voda	23 400 000	1,69
sladká	10 530 000	0,76
slaná	12 870 000	0,93
Pôdna vlhkosť	16 000	0,001
Permafrost a kontinentálny ľad	300 00	0,022
Jazerá	176 400	0,013
Atmosféra	12 900	0,001
Rašeliniská a močiare	11 470	0,0008
Vodné toky	2 120	0,0002
Biologická voda	1 120	0,0001



Obr. 1.2 Rozdelenie vody na Zemi (<https://www.usgs.gov/media/images/distribution-water-and-above-earth-0>; upravené autormi)

Z hydrologického hľadiska rozlišujeme nasledujúce zdroje vody (Antal et al., 2014):

- atmosférická a zrážková voda – je stálou súčasťou ovzdušia, jej kvalita závisí od kvalitatívneho stavu ovzdušia a môže byť znížená najmä vplyvom oxidu siričitého, oxidov dusíka, amoniaku a ťažkých kovov;
- povrchová voda – voda odtekajúca (trvalé alebo občasné vodné toky) alebo zadržovaná v prirodzených (napr. jazerá) a umelých nádržiach na zemskom povrchu, jej zdrojom sú zrážky, výrony podzemnej vody a roztápanie ľadovcov;

- podpovrchová voda – delíme ju na pôdnu (voda v zóne aerácie) a podzemnú vodu (voda v zóne nasýtenia).

Podľa zákona č. 364/2004 Z. z. o vodách sa vody členia na:

- povrchové, ktoré zahŕňajú:
 - vnútrozemské vody okrem podzemných vôd, brakické vody a pobrežné vody,
 - vody, ktoré sa vyskytujú na území chránenom pred zaplavením pri povodni a ktoré nemôžu pri zvýšenom vodnom stave vo vodnom toku odtekať prirodzeným spôsobom,
- podzemné zahŕňajú:
 - všetky vody nachádzajúce sa pod povrchom zeme v pásme nasýtenia a v bezprostrednom kontakte s pôdou alebo s pôdnym podložíom vrátane podzemných vôd slúžiacich ako médium na akumuláciu, transport a exploatáciu zemského tepla z horninového prostredia,
 - podzemné vody aj po ich odkrytí prirodzeným prepadosť nadložia, banskou činnosťou, činnosťou vykonávanou banským spôsobom alebo vykonaním inej obdobnej činnosti.

Pre podmienky Slovenska sú zrážkové vody najdôležitejším zdrojom vody. Ich nedostatok alebo prebytok je limitujúcim činiteľom pre rozvoj spoločnosti – priemysel, zásobovanie obyvateľstva, či poľnohospodárstvo. Prírodné faktory, ktoré ovplyvňujú vodné zdroje u nás sú klimatické pomery, teplota, zrážky a výpar, morfológické a geologické pomery, vegetačný kryt, pôdny typ a druh a hydrogeologické vlastnosti územia.

Pre dopĺňanie zásob vody v pôde je potrebné, aby voda mohla voľne prejsť vrstvami pôdy, ktoré tvoria povrch Zeme. Ak budujeme rozsiahle parkoviská, nákupné strediská a rozsiahle cestné siete, uzatvárame tým prístup dažďovej vody do pôdy pod nepriepustný povrch, napr. asfalt. Intenzívne poľnohospodárstvo má rovnako za následok zhutnenie horných vrstiev pôdy, cez ktoré dažďová voda nemôže viac prenikať. Voda potom zostáva na povrchu, kde ju slnko veľmi rýchlo vysuší. Druhou možnosťou je, že odtečie po povrchu bez infiltrácie do pôdy. To znamená, že do zvodnených vrstiev sa dostáva menej vody.

Ďalším následkom utlačenia a zastavania povrchu pôdy sú záplavy. Keď naprší, voda nemá možnosť vsiaknuť do pôdy, a preto môže odtekať po povrchu do riek, ktoré však nemôžu prijať tak nadmerne veľké množstvo vody, a preto sa vyliievajú.

Tieto problémy a miera, akou sa odoberá voda na pitie, zavlažovanie a výrobu, znamená, že zásobárne podzemnej vody sa postupne vyprázdňujú.

V posledných rokoch sa používa rozdelenie vody v krajine na vodu (Obr. 1.3):

- modrú – voda, ktorá sa nachádza v jazerách, riekach, zrážkach alebo vo forme podzemnej vody; teda voda, ktorú môžeme bežne vidieť v krajine,
- zelenú – voda, ktorá sa nachádza v pôde a je spotrebúvaná rastlinami na evapotranspiráciu; teda voda, ktorú bežne nemôžeme vidieť,
- sivú – voda znečistená ľudskými aktivitami, ktorá sa pohybuje v krajine alebo vypúšťa do tečúceho vodného zdroja, vrátane odpadovej vody produkovanej v domácnostiach alebo v priemysle.



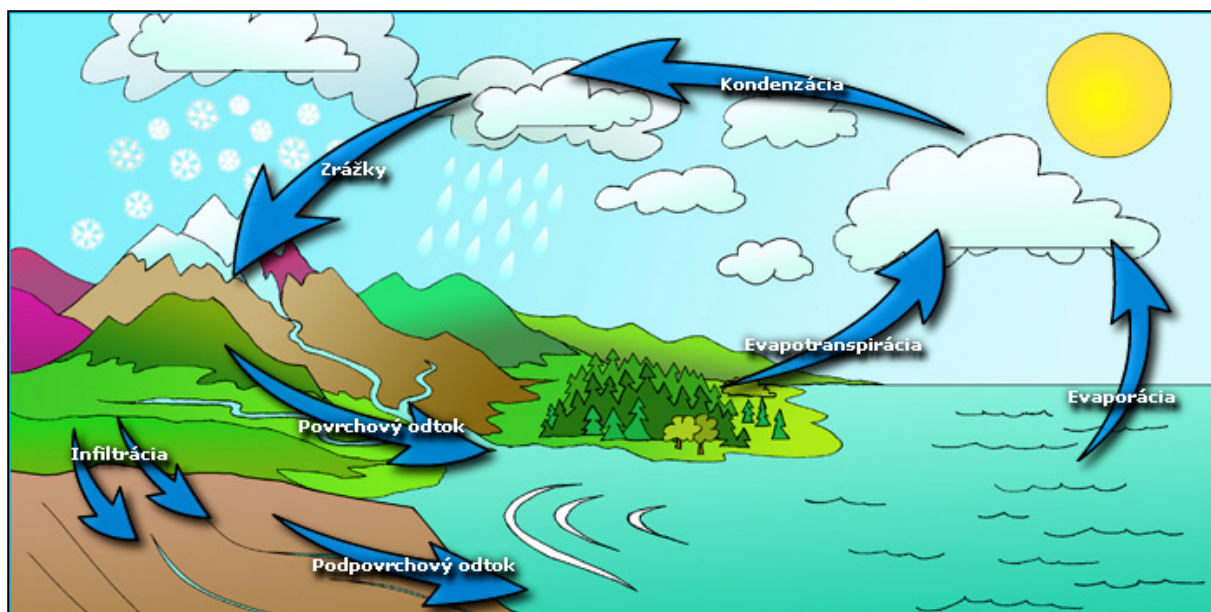
Obr. 1.3 Tri farby vody: zelená voda je evapotranspiračná dažďová voda z pôdy, modrá voda používaná na zavlažovanie a šedá voda kontaminovaná agrochemikáliami (Clotier et al., 2010)

1.2.1 Kolobeh a bilancia vody

Hydrologický cyklus (kolobeh vody) je neustály proces, v ktorom je voda vyparená (evaporovaná) z oceánu, prenášaná nad pevninu v podobe vlhkých vzdušných mäs a v prípade existencie priaznivých podmienok spadne na pevninu v podobe zrážok. Zrážky, ktoré dopadnú na zemský povrch sú rozdelené niekoľkými spôsobmi (cestami). Časť sa zachytí na povrchu, kde padne a odtiaľ evaporuje do atmosféry. Ďalšia časť vody tvorí povrchový odtok, ktorý naplňa potoky a rieky. Posledná časť vody infiltruje do pôdy, odkiaľ môže neskôr naplniť vodné toky alebo infiltruje (perkoluje) do nižších vrstiev po hladinu podzemnej vody. Odtečená voda po povrchu spolu s infiltrovanou vodou môžu dotiecť až do oceánu. Voda infiltrovaná do pôdy je taktiež využívaná rastlinami, z ktorých je v podobe transpirácie (výpar z rastlín) vyparovaná do ovzdušia. Evaporácia a transpirácia sa súhrne nazývajú evapotranspirácia.

Voda odteká z pevnín do morí, pravda, okrem tých častí súše, ktoré odvodňujú rieky tečúce do jazier, ktoré vôbec nesúvisia so svetovým morom, z tzv. bezodtokových území, napr. Kaspické alebo Bajkalské jazero.

Veľkosť povrchového odtoku z bežne obhospodarovaných pozemkov závisí na intenzite zrážok, intenzite vsakovania vody do pôdy, druh, vek a zapojenie vegetácie. Intenzita vsakovania vody do pôdy závisí na zrnitosti pôdy, štruktúre a textúre pôdy, obsahu humusu, hydraulickej vodivosti pôdy, časovom priebehu intenzity vsakovania, objeme voľných pórov v pôde, úrovni hladiny podzemných vôd, poľnej vodnej kapacity a pod. (Šálek, Kujal, 2016).



Obr. 1.4 Kolobeh vody na Zemi (www.enviroportal.sk)

Rozoznávame dva druhy obehu vody, a to malý (prebiehajúci len nad plochami morí a oceánov alebo len nad pevninou) a veľký (dochádza k výmene vody medzi morom a pevninou). Malá časť vody pritom vykonáva samostatný obeh nad bezodtokovými oblasťami.

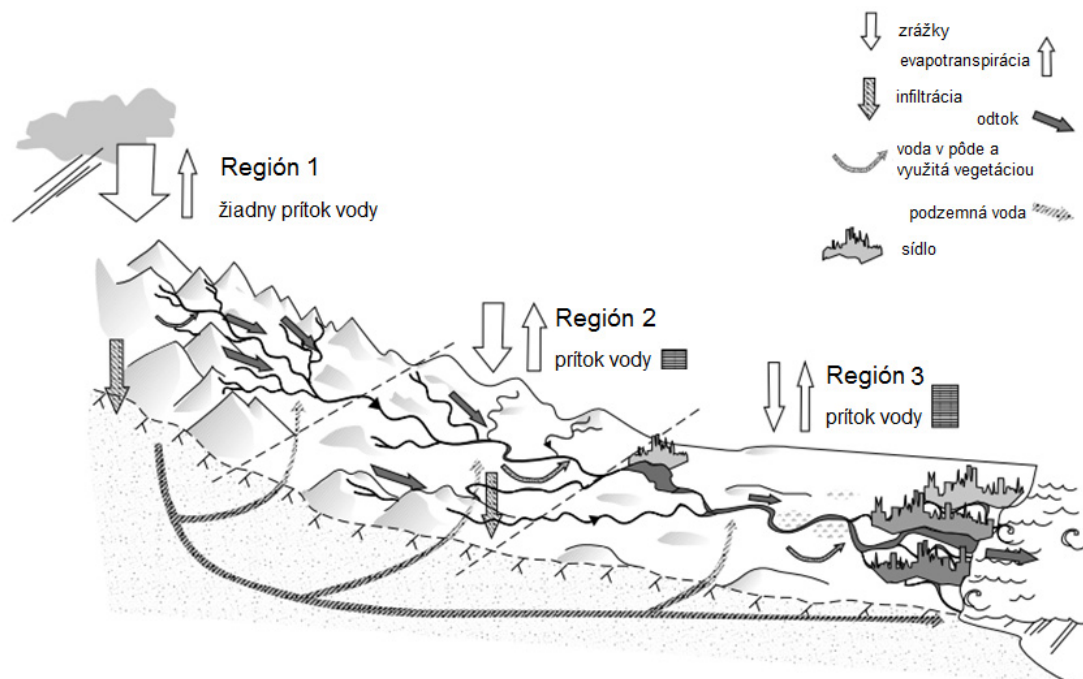
Kolobeh vody na Zemi je vzájomne prepojeným celkom a nepozná hranice kontinentov a štátov. Každý zásah ľudí sa v tomto kolobehu prejavuje v krajine a môže mať ďalekosiahle následky. Základným územím pri riešení problematiky vody v krajine a vzťahov medzi činnosťou človeka, vody a krajiny je hydrologické povodie, teda územie, z ktorého voda tečie z vyšších do nižších častí územia. Priestorové a časové rozdelenie tvorby odtoku a riečnej siete je rozdielne v závislosti na klimatickom regióne. Napríklad v aridných oblastiach nemusí odtekať žiadna voda z vyšších častí povodia do nižších, nakoľko sa všetka voda spotrebuje na evapotranspiráciu.

Voda pretekajúca povodím je tvorená súborom čiastkových povodí navzájom prepojených sériou korýt tokov, v ktorých tečie ako povrchová, príp. podzemná voda. Voda, ktorá niekomu poslúžila, čoskoro bude využitá niekým ďalším. To znamená, že každá zmena kvality alebo kvantity vody sa prejaví nižšie v povodí, s čím sa musia vyrovnávať ľudia, zvieratá, rastliny alebo krajina nachádzajúce sa v nižšie položených častiach povodia.

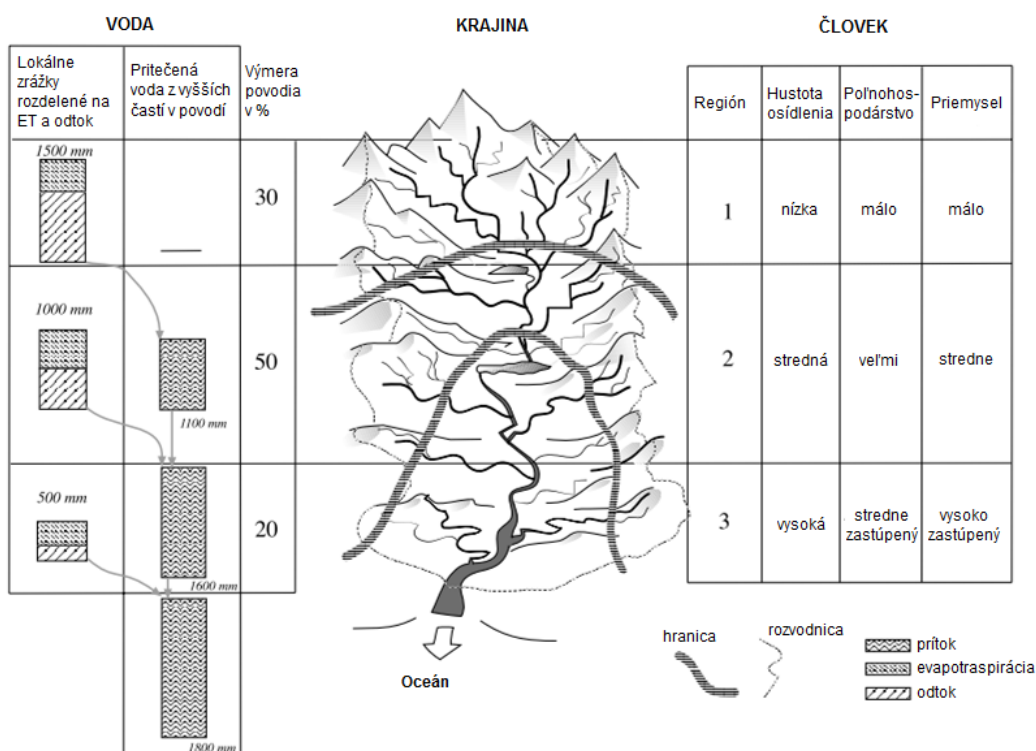
Najviac na to by mali myslieť obyvatelia v pramenných (región 1) a stredných (región 2) oblastiach povodí. Zatiaľ čo, obyvatelia v ústí rieky do mora (región 3) sú najviac postihnutí aktivitami obyvateľov vyššie položených regiónov (Obr. 1.5).

Potenciál dostupnej vody, potenciál potreby vody ako aj potenciál znečistenia vody smerom dole prúdom vody narastá, nakoľko narastá počet obyvateľov, poľnohospodárska aj priemyselná činnosť v povodí (Obr. 1.6). Najnižšie položená časť povodia (ústie rieky) je vysoko závislá na množstve a kvalite pritekajúcej vody z vyššie položených regiónov. Región 1 má najvyššie zrážky. Nakoľko je pôda takmer stále nasýtená vodou, aktuálna evapotranspirácia je pomerne vysoká. Poľnohospodárska a priemyselná činnosť je obmedzená, čo znamená, že z tohto regiónu odteká voda s nízkym stupňom znečistenia. Tento región je

prírodný rezervoár povodia a odtekajúca voda tvorí prietok v potokoch a riekach aj počas dlhých období sucha v nižších regiónoch.



Obr. 1.5 Rozdelenie vody v rámci teoretického povodia (Falkenmark et al., 1999)



Obr. 1.6 Dostupnosť vody v teoretickom povodí v daných klimatických podmienkach a ľudskými aktivitami (Falkenmark et al., 1999)

Región 2 má nižšie zrážky ako predchádzajúci. Dostupná vlhkosť limituje aktuálnu evapotranspiráciu, čím môže byť nižšia ako vo vyššom regióne. Nakoľko sú celkové zrážky nižšie a evapotranspirácia pomerne vysoká, menej vody z územia môže odtekať. Avšak, do tohto regiónu priteká povrchová a podpovrchová voda, ktorá taktiež môže byť využitá ako zdroj. Voda môže byť využitá človekom a rastlinami, a následne vyparená alebo vypustená po čistení späť do krajiny. Toto ovplyvňuje nielen množstvo, ale aj kvalitu vody. Úloha podzemnej vody je dôležitá v obdobiach sucha, keďže voda v riekach je v danom čase závislá na prítoku podzemnej vody.

Región 3 má najnižšie zrážky. Aktuálna evapotranspirácia a tiež aj produkcia rastlín je nízka. Tvorba odtoku vody je limitovaná, nakoľko väčšina zrážok (okrem extrémnych situácií) sa podieľa na evapotranspirácii. V dôsledku obmedzených zrážok a vysokej atmosférickej vlhkosti je pre poľnohospodársku produkciu nevyhnutná závlaha. Tento región je závislý na prítoku vody aj vzhľadom na vysoký počet obyvateľov. Kvalita a kvantita vody je výrazne ovplyvnená ľudskou činnosťou. Tento región pravdepodobne je poľnohospodársky závislý na vyššie položenom regióne. Populácia a priemysel sú situované v blízkosti veľkých riek a zdrojov podzemnej vody.

Celkovo je v povodí vytvorený systém odtoku a prítoku vody, kde najnižšie položené oblasti sú na konci reťaze a závisí na vode z vyšších oblastí. Klíma a ľudské aktivity vo vyššie položených oblastiach preto ovplyvňujú dostupnosť a kvalitu vody v nižšie položených regiónoch.

1.2.2 Vodné zdroje Slovenska

Podstatná časť povrchového vodného fondu Slovenska k nám priteká zo susedných štátov (Tab. 1.2). Využitelnosť tohto fondu je obmedzená, pretože sa len okrajovo dotýka nášho územia, preteká v hraničných tokoch a prevažne nie je regulovateľná vodnými nádržami. Menšia časť nášho povrchového vodného fondu pramení na našom území (Pokrývková, Jurík, 2018).

Hustota riečnej siete sa pohybuje od 0,1 km.km⁻² na krasových planinách až do 3,4 km.km⁻² na paleogénnych horninách flyšových pohorí. Priemerná hustota riečnej siete je charakterizovaná hodnotou 1,1 km.km⁻².

Prietoky v našich tokoch sú značne rozkolísané, čo spôsobuje obmedzenú využiteľnosť týchto vôd. Vody z 96 % rozlohy štátu odtekajú prostredníctvom Dunaja, resp. Tisy do Čierneho mora, zvyšné 4 % sú prostredníctvom Dunajca, prítoku Visly, odvodňované do Baltického mora (Tab. 1.2). Veľké prietoky sa vyskytujú pravidelne na jar v mesiacoch marec – apríl (na Dunaji, Poprade a Dunajci o cca 2 mesiace neskôr). Malé prietoky sú v lete a na jeseň, pričom množstvo týchto tokov má tendenciu úplne vyschnúť.

Pri hodnotení prvkov cyklu vody z územia SR používame referenčné obdobia, napr. 1931 – 1980, 1961 – 2000. Zatiaľ čo v období rokov 1961 – 2000 v porovnaní s predchádzajúcim obdobím poklesli zrážky približne o 2,5 % a odtok takmer o 10 %, tak bilančný výpar stúpol približne o 1,5 %. Zhruba o 2 % poklesol aj podiel odtečených zrážok. Tieto globálne slovenské čísla sú však po povodiach rozdielne. Výrazný pokles zrážok (6 až 10 %) zaznamenávame v povodiach Moravy, Ipľa, Slanej a Bodvy. Ešte výraznejší je pokles odtoku (od 7 do 17 %)

vo všetkých povodiach, okrem Popradu, kde stúpol o 13 % a Bodrogu, kde zostal nezmenený. O tom, ako s vodou hospodári samotná krajina do určitej miery hovorí koeficient odtoku, ktorý vyjadruje podiel objemu odtoku vody a objemu príslušných zrážok spôsobujúcich tento odtok. Ak by povodia rozdeľovali zrážky medzi odtok a výpar vždy rovnakým spôsobom, koeficient odtoku by bol konštantný. Avšak, koeficient odtoku sa alebo nezmenil, alebo poklesol vo všetkých povodiach okrem Popradu, kde narástol zhruba o 4 %. Najvýraznejší pokles koeficientu odtoku je v povodiach Bodvy (5 %), Váhu a Hrona (4 %) a Ipeľa a Hornádu (3 %). To znamená, že pri „horších“ zrážkových pomeroch si krajina udrží percentuálne viac vody zo zrážok ako v rokoch priaznivejších na zrážky (Majerčáková, 2014).

Tab. 1.2 Základné hydrologické údaje vybraných riek na Slovensku

Rieka	Dĺžka v km		Plocha povodia v km ²		Dlhodobý ročný prietok v m ³ .s ⁻¹	Koeficient odtoku v 1961 - 2000	Prameň	Úmorie
	celkom	územie SR	celkom	územie SR				
Morava	329,0	127,5	26 577	2 282	111,4	0,18	ČR	ČM
Váh	378,0	378,0	19 570	18 769	194,29	0,38	SR	ČM
Hron	284,0	284,0	5 465	5 465	50,02	0,37	SR	ČM
Ipeľ	232,5	232,5	5 151	3 649	18,04	0,20	SR	ČM
Bodrog	267,0	15,0	12 328	7 272	110,51	0,33	SR	ČM
Hornád	270,0	186,3	5 436	4 414	28,885	0,30	SR	ČM
Tisa	966,0	6,5	157 220	15 776			Ukrajina	ČM
Nitra	169,0	169,0	4 501	4 501	20,42	0,21	SR	ČM
Kysuca	66,3	66,3	1 038	988	17,6		SR	ČM
Orava	108,3	108,3	1 992	1 633	33,55		SR	ČM
Slaná	229,0	94,3	12 708	1 839	19,36	0,27	SR	ČM
Torysa	129,0	129,0	1 349	1 349	7,62		SR	ČM
Ondava	146,5	146,5	3 355	3 355	21,72		SR	ČM
Topľa	129,8	129,8	1 544	1 544	9,82		SR	ČM
Rimava	85,0	85,0	1 378	1 378	4,759		SR	ČM
Latorica	184,0	31,5	7 740	3 040	35,565		Ukrajina	ČM
Laborec	135,5	135,5	4 523	2 933	51,8		SR	ČM
Uh	126,0	20,0	2 641	1 051	34,59		Ukrajina	ČM
Poprad	174,2	144,2	2 081	1 950	20,6	0,48	SR	BM
Dunajec	251,0	16,6	6 798	356	28,03		Poľsko	BM

Zdroj: Hydrologická bilancia SR, SHMÚ

Vodnú bilanciu tvorí hydrologická bilancia a vodohospodárska bilancia. Hydrologická bilancia porovnáva zmeny v množstvách vôd v povodí, v čiastkovom povodí alebo vo vodnom útvare za určený časový interval. Vodohospodárska bilancia porovnáva požiadavky na vodu so zdrojmi vody v uvažovanom mieste a čase, a to čo do množstva a kvality. Výsledky oboch bilancií sa každoročne líšia vzhľadom na rôzne prírodné a antropogénne vplyvy (Tab. 1.3). V centrálnej Európe a špeciálne na Slovensku, využiteľná voda na obyvateľa a rok odzrkadľuje hlavne vývoj prírodných podmienok, keďže nárast populácie u nás skôr stagnuje ako narastá. Preto v jednotlivých, najmä suchých rokoch vidno, v akom rozsahu môže vplyvom klimatických podmienok využiteľná voda kolísať. Výrazný je mimoriadne suchý rok 2003, kedy využiteľná voda poklesla viac ako o polovicu v porovnaní s dlhodobým priemerom rokov 1931 – 1980 (Majerčáková, 2014).

Tab. 1.3 Celková bilancia vodných zdrojov SR vo vybraných rokoch v km³

Bilancia	2003	2010	2017	2018	2019
Hydrologická bilancia:					
Zrážky	28 088	59 117	40 535	32 286	41 564
Ročný prítok do SR	53 626	71 810	61 099	53 795	63 728
Ročný odtok	60 527	98 524	73 777	65 075	74 395
Ročný odtok z územia SR	7 009	22 939	11 126	8 823	9 362
Vodohospodárska bilancia:					
Celkové odbery SR	1 040,2	602,27	578,63	573,26	581,26
Výpar z vodných nádrží	61,8	48,08	54,14	58,48	52,52
Vypúšťanie do povrchových vôd	910,4	698,49	611,88	599,6	608,61
Celkové zásoby vo VN k 1. 1. nasledujúceho roka	573,0	1 003,3	1 032,6	726,4	897,3

Zdroj: Správy o stave životného prostredia na Slovensku za jednotlivé roky

Vodohospodárska bilancia na úrovni štátu porovnáva požiadavky na vodu s využiteľným množstvom vody a jej kvalitou. Požiadavky na vodu sú požiadavky na odbery povrchovej vody, podzemnej vody a vypúšťanie odpadovej vody a osobitnej vody. Vodohospodárska bilancia sa vypracúva na účely Vodného plánu Slovenska podľa schváleného časového plánu s použitím schválených postupov získavania údajov, metodík spracovania a foriem výstupov.

Vodohospodársku bilanciu pre časové obdobie predchádzajúceho roku na základe nameraných údajov na štátnych staniách v správe SHMÚ Bratislava tvoria dokumenty:

- vodohospodárska bilancia množstva a kvality povrchovej vody za uplynulý rok,
- vodohospodárska bilancia množstva a kvality podzemnej vody za uplynulý rok,
- správa o vodohospodárskej bilancii vody za uplynulý rok,
- správa o vodohospodárskej bilancii výhľadových časových horizontov.

Vodohospodárskou bilanciou množstva a kvality povrchovej vody sa:

- hodnotí množstvo povrchovej vody, jej využiteľnosť za uplynulý rok a jej kvalita v porovnaní s kritériami na kvalitu vody a zmeny v porovnaní s predchádzajúcimi hodnoteniami,
- porovnávajú pre výhľadové časové horizonty výhľadové zdroje vody s výhľadovými požiadavkami na zabezpečenie dodávky vody a čistenie odpadovej vody pri nezhoršení súčasného stavu vody.

Vodohospodársku bilanciu na Slovensku spracováva SHMÚ Bratislava podľa požiadaviek Vyhlášky č. 418/2010 Z. z. Ministerstva pôdohospodárstva, životného prostredia a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky o vykonaní niektorých ustanovení vodného zákona.

Vodohospodárska bilancia množstva a kvality podzemnej vody sa vykonáva pre čiastkové povodia. Podkladom na jej spracovanie a jej súčasťou je bilancia množstva a kvality podzemnej vody v hydrogeologických rajónoch, čiastkových rajónoch a subrajónoch s nadväznosťou na bilančné profily povrchovej vody a čiastkové povodia v súlade s metodikou, ktorá zohľadňuje systém bilancovania povrchovej vody. Súčasťou hodnotenia využiteľných množstiev podzemnej vody je aj hodnotenie kvality podzemnej vody za uplynulý rok v porovnaní s kritériami na kvalitu podzemnej vody (Pokrývková, Jurík, 2018).

Vo vodnom plánovaní sa u nás zaužívala charakteristika kapacity povrchových zdrojov týmito údajmi:

- prirodzeným potenciálom – vyjadruje schopnosť toku poskytovať vodohospodársky efekt pri stave neovplyvnenom ľudskou činnosťou,
- teoretickým potenciálom – vyjadruje schopnosť toku poskytovať vodohospodárske úžitky v rozsahu zodpovedajúcom priemernému prietoku Q_a v dlhodobom období,
- technicky využiteľným potenciálom, ktorý je daný možnosťami úprav odtokového režimu, nadlepšenia a zabezpečenia prietokov najmä vodnými nádržami a prevodmi vody,
- ekonomicky využiteľným potenciálom – vychádza z technicky využiteľného potenciálu, ktorý je daný ekonomickými ukazovateľmi a kritériami danej doby,
- ekologickým potenciálom, ktorý je daný požiadavkami na dosiahnutie dobrého stavu vôd podľa Rámцovej smernice EÚ a zákona o vodách.

Je potrebné ešte dodať, že v praxi môžeme hovoriť o disponibilných vodných zdrojoch a využiteľných vodných zdrojoch. Rozdiel medzi nimi nie je síce výrazný, avšak disponibilné zdroje vody sú všetky využiteľné zdroje zmenšené o znečistenú vodu, ak toto znečistenie znemožňuje jej využitie. Využiteľná voda na rok a obyvateľa v sebe zahrňuje dva faktory, a to nárast populácie a prírodou poskytované vodné zdroje (Majerčáková, 2014), pričom je stanovený minimálny prietok pre odber vody zo zdroja.

1.2.3 Potreba a spotreba vody

Právo na život predpokladá právo na vodu. Táto požiadavka však stále ešte nie je splnená. Na svetovej konferencii o vode v Istanbule v roku 2009 sa opäť nepodarilo zakotviť právo na prístup k pitnej vode ako všeobecné ľudské právo.

Voda je do značnej miery považovaná za tovar. Vo viacerých regiónoch sveta sú chudobní ľudia vykorisťovaní premrštenými cenami vody. Rozdelenie výskytu a využívania zásob sladkej vody na Zemi dnes ešte viac ako kedykoľvek predtým vyžaduje sociálne bratské a ekologicky zmysluplné chovanie.

Vzhľadom k obmedzenému množstvu vody je potrebné nároky spoločnosti plánovať tak, aby vodné zdroje boli pre rôzne národohospodárske účely využívané racionálne a optimálnym spôsobom, a preto musí byť zabezpečené plynulé zásobovanie vodou, v požadovanom množstve a kvalite. Na dosiahnutie uvedených požiadaviek slúži celý rad opatrení, ktoré môžeme rozdeliť na:

- prevenciu – ide najmä o opatrenia v povodí zdroja vody, pričom sa sústreďíme na ochranné opatrenia v ochranných pásmach,

- technické opatrenia – využívajú technické prvky a možnosti, napr. spoločné využívanie viacerých zdrojov s rôznym pôvodom a kvalitou vody, zlepšenie rozvodných systémov vody a pod.,
- technologické opatrenia – spočívajú v zlepšení kvality vody pomocou jej úpravy, ktorá je buď daná zákonom (napr. pridávanie chlóru) alebo závisí na lokálnych podmienkach a vlastnostiach vody (Oppeltová, 2015).

Potreba vody je súhrn nárokov užívateľov alebo spotrebiteľov vody na veľkosť, zabezpečenosť a časové rozdelenie dodávky vody z jej zdroja. Spotreba vody je množstvo vody, ktoré sa pri jej užívaní spotrebuje (výpar, infiltrácia, súčasť výrobkov) a nevypúšťa sa bezprostredne do vodného recipientu.

Užívateľov vody predstavujú:

- verejné vodovody – zásobovanie pitnou vodou; individuálne je hodnotený vývoj potrieb pre obyvateľstvo, priemysel, poľnohospodárstvo a pre iné odbery;
- poľnohospodárstvo – zvlášť sa hodnotí potreba na závlahy a pre živočíšnu výrobu;
- priemysel – technologické procesy, chladenie, výroba pary a kúrenie, ťažba a hydraulická doprava, priemyselná vybavenosť;
- energetika – chladenie elektrární.

Každý z užívateľov vody má rozdielnú spotrebu vody povrchovej a podzemnej vody. Povrchové vody sú najčastejšie využívané priemyslom (Tab. 1.4), zatiaľ čo podzemná voda je prevažne využívaná na pitné účely (Tab. 1.5). Využívanie vôd, povrchových aj podzemných, má na Slovensku klesajúci, resp. neutrálny trend.

Tab. 1.4 Využívanie povrchovej vody na Slovensku v km³

Sektor	2003	2010	2017	2018	2019
Vodovody	66,449	48,200	47,510	46,940	47,550
Priemysel	489,467	392,700	178,980	174,470	180,420
Závlahy	65,042	5,800	17,620	12,950	14,300
Ostatné	0,0094	0,000	0,010	0,020	0,120
poľnohospodárstvo					
Odbery spolu	620,968	446,700	244,120	234,380	242,470

Zdroj: Správy o stave životného prostredia na Slovensku

Do tabuliek o spotrebe vody sa zahrňuje len voda z evidovaných, resp. registrovaných odberov a nie je tu zahrnutá voda odoberaná drobnými spotrebiteľmi alebo nelegálnymi odbermi. V tabuľkách nie je taktiež voda spotrebovaná v poľnohospodárstve pre produkciu plodín z dažďovej vody spadnutej na polia.

Tab. 1.5 Využívanie podzemnej vody na Slovensku v l.s⁻¹

Sektor	2003	2010	2017	2018	2019
Vodárenské účely	10 064,94	8 295,00	7 854,60	7 843,90	7 786,81
Potravinársky priemysel	329,51	265,00	232,70	250,10	265,68
Ostatný priemysel	999,29	781,00	809,70	831,20	798,59
Poľnohospodárstvo a živočíšna výroba	385,49	217,20	226,30	227,80	227,54
Rastlinná výroba a závlahy	380,87	48,70	183,90	107,70	198,03
Sociálne účely	320,74	254,40	236,20	192,50	206,34
Iné využitie	822,52	967,20	1 063,90	1 292,60	1 259,86
Odbery spolu	13 303,60	10 819,50	10 607,30	10 745,80	10 742,85
Celkové využiteľné množstvo podzemnej vody	76 198,00	78 672,00	76 531,75	77 141,42	77 959,72

Zdroj: Správy o stave životného prostredia na Slovensku

Podiel obyvateľstva zásobovaného vodou z verejného vodovodu každoročne narastá, čo súvisí s postupným rozvojom verejných vodovodov na Slovensku. Špecifická spotreba vody v domácnostiach klesá a v niektorých obciach sa dostala až pod hranicu hygienického minima, teda pod 70 l.ob⁻¹.deň⁻¹ (Tab. 1.6). Za postupné znižovanie odberu vody z verejného vodovodu pre domácnosti môže aj budovanie vlastných zdrojov pitnej vody, ktorej kvalita je vo väčšine prípadov ďaleko za hygienickými normami. Najnižšiu pripojenosť na verejný vodovod vykazujú Prešovský, Banskobystrický a Košický vyšší územný celok.

Tab. 1.6 Zásobovanie obyvateľstva vodou z verejných vodovodov

	2003	2010	2017	2018	2019
Počet obyvateľov zásobovaných vodou z verejných vodovodov (tis.)	4 531	4 705	4 836,13	4 859,94	4 882,46
Podiel obyvateľov zásobovaných vodou z verejných vodovodov (%)	84,2	86,6	88,94	89,25	89,55
Množstvo vyrobenej pitnej vody (mil. m³)	379	313	292,55	291,77	291,8
Špecifická spotreba vody v domácnostiach (l.ob⁻¹.deň⁻¹)	109,2	83,4	77,84	77,97	78,4

Zdroj: Správy o stave životného prostredia na Slovensku

Podľa Vyhlášky MŽP SR 684/2006 Z. z. pod pojmom špecifická potreba vody rozumieme množstvo vody za jednotku času pripadajúce na opodstatnenú potrebu dodávky vody na jedného obyvateľa alebo na inú jednotku charakterizujúcu určitý výrobný proces alebo nevýrobný proces; množstvo vody sa určuje ako množstvo vody dodanej odberateľovi z verejného vodovodu bez zahrnutia strát vody. Ide napríklad o množstvo vody potrebnej na zabezpečenie chodu obchodu, umývanie áut, hygienu sídiel (umývanie komunikácií), kultúrnych inštitúcií a pod.

1.3 Udržateľné a integrované vodné hospodárstvo

Udržateľný rozvoj je mnohoborový a všeobecný záväzok, čím každá oblasť a činnosť ľudského života má rovnakú závažnosť. Udržateľný rozvoj sa sústreďuje na to, aby príroda a človek žili v harmónii. To si vyžaduje, aby obe strany mali budúcnosť v rámci limitov stanovených prírodnými podmienkami. Preto, príroda musí byť rešpektovaná spoločnosťou a prírodné zdroje využívané v rámci limitov stanovených ich obnovou. V súčasnosti celosvetovo žijeme v situácii nadmerného využívania prírodných zdrojov. Každá časť našej spoločnosti a každá časť našej planéty je ovplyvnená súčasným neudržateľným rozvojom, dilema, ktorá sa stáva viac zrejme v súčasnej klimatickej zmene (Rydén, 2019).

Podmienky, ktoré príroda vyžaduje pre jej dlhodobú udržateľnosť a pružnosť bola študovaná viacerými autormi. To viedlo k vytvoreniu konceptu „planetárnych hraníc“, čo sú hranice, v rámci ktorých máme žiť pre záchranu budúcnosti našej prírody a spoločnosti ako ju poznáme. Doteraz bolo stanovených deväť planetárnych hraníc (Rockström et al., 2009).

Dodnes sa vedie diskusia o tom, ktoré z uvedených planetárnych hraníc sú najdôležitejšie a ako sa dá hodnotiť ich význam, alebo či je možné ich kvantifikovať. Sú to:

- klimatická zmena,
- strata biologickej rozmanitosti,
- biogeochemické formy pohybu fosforu a dusíku,
- acidifikácia oceánu,
- využívanie pôdy,
- zdroje sladkej vody,
- poškodenie stratosférickej ozónovej vrstvy,
- atmosférické aerosóly,
- chemické znečistenie.

S problematikou vody v poľnohospodárskej krajine súvisia predovšetkým problematika klimatickej zmeny, pohyb dusíku a fosforu, využívanie pôdy a samozrejme zdroje sladkej vody.

V dôsledku zabezpečenia dostatku potravín a nízkej úrovne produkcie plodín v rozvojových krajinách sa na celej Zemi lesy, mokrade a iné prirodzené druhy vegetácie menia na poľnohospodárske využitie pôdy alebo na zástavbu pre mestá a infraštruktúru.

Pôda potrebná pre dobytok a na produkciu krmiva preň, zaberá jednu tretinu zemského povrchu bez ľadu (Walsh, 2013). Ľudská aktivita vyvíja čoraz väčší tlak na globálne sladkovodné systémy. Sladkovodný cyklus je výrazne ovplyvnený aj zmenou klímy. Spotreba vody by

nemala byť väčšia ako 4 000 km³ za rok, v súčasnej dobe je 2 600 km³ za rok, v dobe pred industriálnej bola hodnota 415 km³ za rok.

Brundtlandt et al. (1987) definovala trvalo udržateľný rozvoj ako rozvoj, ktorý umožňuje uspokojovanie potrieb súčasných generácií bez toho, aby boli ohrozené nároky budúcich generácií na uspokojovanie ich potrieb.

Barbier (1987) uvádza, že „... problém hodnotenia (udržateľnosti) sa opiera o pojmový rámec, v ktorom sú identifikované tri hlavné záujmové systémy: biologický, ekonomický a sociálny. Každý systém má svoj vlastný súbor cieľov, ako ho definujú ľudia. Pre biologický systém to môže byť genetická diverzita a reziliencia (schopnosť rýchlo sa zotaviť z nepriaznivého stavu). Ciele ekonomického systému zahŕňujú zaopatrenie základných potrieb a rovnosť (equity), kým spravodlivosť (justice) a participácia sú ciele relevantné pre sociálny systém. Základným cieľom udržateľného rozvoja je optimalizácia cieľov medzi všetkými tromi systémami, uznávajúc, že nevyhnutne musia byť robené kompromisy (trade-offs)“.

Udržateľný rozvoj spoločnosti je taký rozvoj, ktorý súčasným i budúcim generáciám zachováva možnosť uspokojovať ich základné životné potreby a pritom neznižuje rozmanitosť prírody a zachováva prirodzené funkcie ekosystémov (§ 6 zákona č. 17/1992 Zb. o životnom prostredí).

Agenda 21 je súborný dokument prijatý vládami viac ako 178 krajín na Konferencii Organizácie spojených národov o životnom prostredí a rozvoji, ktorá sa konala v Rio de Janeiro v Brazílii v dňoch 3. – 14. júna 1992 a obsahuje

- Deklaráciu o životnom prostredí a rozvoji
- Princípy trvalo udržateľného manažmentu lesov (právne nezáväzné stanovisko k princípom globálnej dohody o využívaní, ochrane a trvalo udržateľnom rozvoji všetkých typov lesov).

V septembri 2015 sa členovia OSN dohodli na novom ambicióznom pláne udržateľného rozvoja na nasledujúcich 15 rokov stanovenom v dokumente rezolúcie „Transformujeme náš svet: Agenda 2030 pre trvalo udržateľný rozvoj“, v ktorom bolo navrhnutých 17 hlavných cieľov udržateľného rozvoja, z ktorých pre problematiku vody v krajine sú najdôležitejšie:

- žiadny hlad – ukončiť hlad, dosiahnuť potravinovú bezpečnosť a lepšiu výživu a podporovať trvalo udržateľné poľnohospodárstvo,
- čistá voda a hygiena – zabezpečiť dostupnosť a trvalo udržateľný manažment vody a sanitárnych opatrení pre všetkých,
- dostupná a čistá energia – zabezpečiť prístup k cenovo dostupným, spoľahlivým a trvalo udržateľným moderným zdrojom energie pre všetkých,
- dôstojná práca a ekonomický rast – podporovať trvalý, inkluzívny a trvalo udržateľný ekonomický rast, plnú a produktívnu zamestnanosť a dôstojnú prácu pre všetkých,
- udržateľné mestá a komunity – premeniť mestá a ľudské obydliá na inkluzívne, bezpečné, odolné a trvalo udržateľné,
- zodpovedná spotreba a výroba – zabezpečiť trvalo udržateľnú spotrebu a výrobné schémy,
- ochrana klímy – podniknúť bezodkladné opatrenia na boj proti klimatickým zmenám a ich dôsledkom,

- život pod vodou – zachovať a trvalo udržateľne využívať oceány, moria a zdroje mora na trvalo udržateľný rozvoj,
- život na pevnine – chrániť, obnovovať a podporovať trvalo udržateľné využívanie pozemných ekosystémov, trvalo udržateľne manažovať lesné hospodárstvo, bojovať proti dezertifikácii a zastaviť spätnú degradáciu krajiny a stratu biodiverzity.

V rámci cieľa Čistá voda a hygiena boli bližšie špecifikované nasledujúce čiastkové ciele, ktoré do roku 2030 plánujú:

- dosiahnuť univerzálny a spravodlivý prístup k bezpečnej a cenovo dostupnej pitnej vode pre všetkých,
- dosiahnuť prístup k primeranej a spravodlivej hygiene pre všetkých a zabrániť vykonávaniu fyziologických potrieb mimo sociálnych zariadení, s osobitnou pozornosťou na potreby žien a dievčat a tých, ktorí sú v zraniteľných situáciách,
- zlepšiť kvalitu vody znižovaním znečistenia, elimináciou skládkovania a minimalizáciou vypúšťania škodlivých chemikálií a materiálov, so znížením podielu nespracovanej odpadovej vody o polovicu a podstatným zvýšením celosvetového recyklovania a bezpečného opätovného využitia,
- podstatne zvýšiť účinnosť využívania vody naprieč všetkými sektormi a zabezpečiť udržateľné čerpanie a dodávky sladkej vody tak, aby sa riešil nedostatok vody a podstatne znížil počet ľudí, ktorí trpia nedostatkom vody,
- implementovať integrované manažovanie vodných zdrojov na všetkých úrovniach, a to podľa potreby aj cezhraničnou spoluprácou,
- chrániť a obnoviť ekosystémy súvisiace s vodou, vrátane hôr, lesov, mokradí, riek, podzemných vôd a jazier,
- rozšíriť medzinárodnú spoluprácu a podporu budovania kapacít pre rozvojové krajiny pri činnostiach a programoch súvisiacich s vodou a hygienou, vrátane zachytávania dažďovej vody, odsolovania, efektívneho hospodárenia s vodou, čistenia odpadových vôd, technológií recyklovania a opätovného využívania,
- podporovať a posilňovať účasť miestnych komunít na zlepšovaní manažovania vody a hygieny.

Najnovšia definícia udržateľného vodného hospodárstva uvádza, že udržateľné hospodárenie s vodou znamená využívať vodu spôsobom, ktorý uspokojuje súčasné, ekologické, sociálne a ekonomické potreby bez toho, aby bola ohrozená schopnosť tieto potreby v budúcnosti uspokojiť. Život v harmónii s biologickými limitami vyžaduje od vodohospodárov, aby sa dívali za hranice legislatív a bilancií a pre bezprostredné zásobovacie operácie riadili vodné zdroje spoločne a hľadali bezpečné regionálne riešenia, ktoré minimalizujú riziká pre človeka a životné prostredie.

Integrované plánovanie a manažment krajiny je veľmi praktický spôsob, ako dosiahnuť udržateľný život. Podstata integrovaného prístupu sa prejavuje v koordinácii príslušných sektorových plánovacích a riadiacich činností s rôznymi aspektmi využívania krajiny a jej zdrojov. Je to dané aj tým, že krajinu vytvárajú dominantné ekosystémy, ktoré sú v neustálej vzájomnej interakcii. Na základe toho sa v praxi zistilo, že manažment len jedného zdroja nebol pri splnení cieľov úspešný. Kladie sa dôraz na dosiahnutie racionálneho a efektívneho

využívania vody na miestnej úrovni, pričom sa vytvárajú rámce na manažment vodných zdrojov v rámci povodia. Žiaľ, činnosti v súvislosti s hospodárením s vodou nie sú často integrované s aktivitami hospodárenia s inými prírodnými zdrojmi (Aydin, Antal, 2019). Lepeška (2005) pod pojmom integrovaný manažment povodí uvádza „proces, ktorý podporuje koordináciu všetkých ľudských aktivít v povodí, ktoré priamo alebo nepriamo vplývajú na kvantitu a kvalitu povrchových a podzemných vôd za účelom dosiahnutia sociálneho a ekonomického prospechu, v súlade so zabezpečením všetkých princípov trvalo udržateľného rozvoja“.

Často diskutovaným problémom je správny názov integrovaného prístupu k vode. V literatúre sú používané dva základné termíny, ktoré majú svojich propagovateľov, integrované hospodárenie s vodnými zdrojmi alebo integrovaný manažment povodia.

Prvý je integrované hospodárenie s vodnými zdrojmi (IWRM – Integrated water resources management), čo je pohľad z hľadiska štátu alebo územného celku kde sa nachádzajú vodné zdroje v niekoľkých povodiach alebo čiastkových povodiach. Druhý výraz je integrovaný manažment povodia (IRBM – Integrated river basin management), ktorý je chápaný pre riadenie geograficky vyčleneného územia a jeho vodných zdrojov pre jedno povodie alebo čiastkové povodie.

Hlavný problém ich použitia je často koncepčný aj filozofický. Propagácia IHVZ alebo IMP ich stavia akosi proti sebe. Najskôr by sme mali rozhodnúť, aké sú hlavné ciele vodného hospodárstva, a potom zvážiť, ako je možné najlepšie riadiť vodné zdroje, aby sa dosiahli požadované ciele. Napríklad, ak je primárnym cieľom zmiernenie nedostatku, malo by sa pristupovať k tomu, ako by sa malo s vodou nakladať, aby sa tento cieľ čo najlepšie splnil včas a nákladovo efektívne. Nemožno urobiť rozhodnutie, ktoré prostriedky sú najlepšie na dosiahnutie stanoveného cieľa, ako tvrdili navrhovatelia IHVZ alebo IMP. Súčasný prístup, ktorý nazývame „riešenie problému vo vyhľadávaní“ (to znamená, že na riešenie máme, IHVZ alebo IMP, alebo hľadáme problém, na ktorý je možné toto riešenie použiť), bude málokedy fungovať.

Integrovaný manažment povodí slúži ako nástroj na dosiahnutie:

- reálneho zlepšenia ochrany a využívania vodných zdrojov a pôdneho fondu,
- zlepšenia zabezpečenia prevencie pred povodňami,
- znižovania povodňových rizík, rizík sucha a ostatných rizík náhlych prírodných živelných pohrôm v krajine (Uznesenie vlády SR č. 556/2010).

Už Európska charta o vode (Európska rada, 1968) medzi jednotlivými bodmi uvádza aj, že:

- zásoby sladkej vody nie sú nevyčerateľné; treba ich chrániť, rozumne s nimi nakladať a podľa možností rozmnožovať,
- kvalitu vody treba udržiavať na takej úrovni, aby ju bolo možné použiť na požadované účely a najmä aby spĺňala príslušné zdravotnícke normy,
- použitá voda po navrátení do spoločného zdroja nesmie mať nepriaznivý vplyv na možnosť jeho ďalšieho využívania na verejné alebo súkromné účely,
- v záujme zosúladenia krátkodobých a dlhodobých cieľov je potrebné, aby príslušné úrady vypracúvali plány racionálneho hospodárenia s vodnými zdrojmi,
- voda je spoločným dedičstvom, ktorého hodnotu musia uznávať všetci a každý je povinný využívať vodu starostlivo a hospodárne.

Na dosiahnutie udržateľného integrovaného manažmentu povodia navrhol Schneider (2010) nasledujúce princípy:

- manažment vody je najvhodnejšie uskutočňovať v rámci povodí, pričom by bola vhodná zmena riadiacich orgánov orientovaných na povodie,
- interakcia pohybujúcej sa vody v rámci hydrologického cyklu s využitím okolitého územia určuje množstvo a kvalitu vody dostupnej pre ekosystémy a ľudí,
- vegetácia mokradí, záplavových a pobrežných zón ako aj brehových zón plní pre človeka dôležité ekosystémové služby,
- rastlinstvo a živočíšstvo je adaptované a závislé od prirodzeného hydrologického režimu vodných tokov a jazier,
- rozhranie pôdy a vody je prirodzene dynamické a organizmy sú adaptované na habitaty s dominanciou rušivých podnetov,
- podzemné vody, aj keď nie sú na povrchu viditeľné, neodlúčiteľne súvisia so zdravím ekosystémov povrchových vôd – vodných tokov, jazier, mokradí a pod.,
- aridné a semiaridné oblasti sú prispôbené na obmedzené zdroje vody, a preto sú citlivé na zmeny v prirodzenom hydrologickom režime,
- pitná, neznečistená voda je základ pre všetok život.

1.3.1 Aké problémy by mali byť integrované v rámci integrovaného vodného hospodárstva?

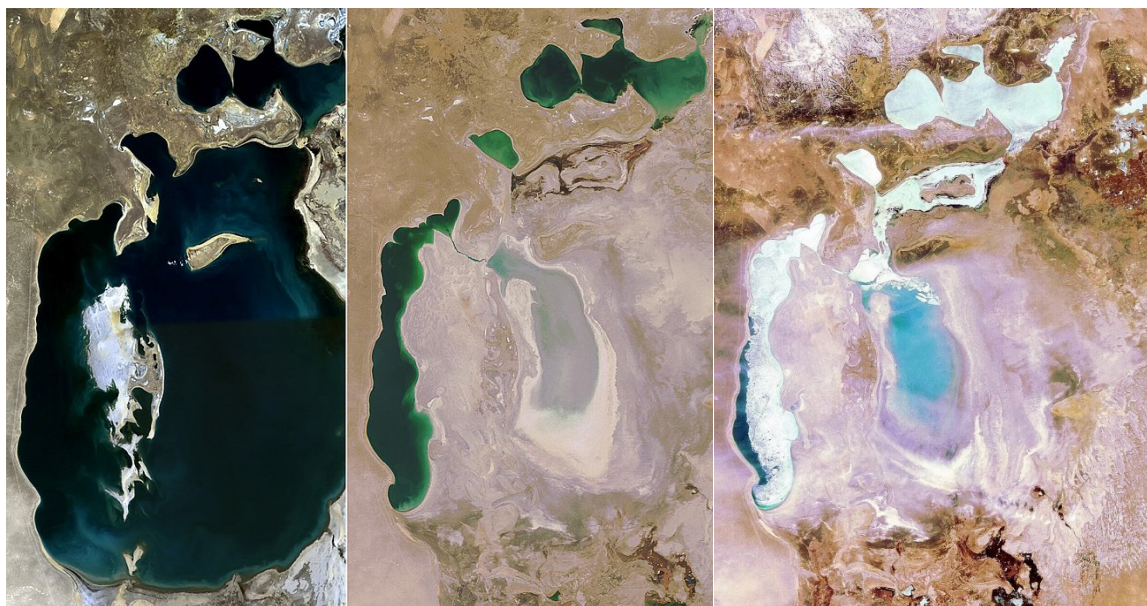
Analýzy dostupnej literatúry naznačujú, že dotknutí autori zvažujú rôzne problémy, ktoré je potrebné do riadenia vodného hospodárstva integrovať. Slovo „integrácia“ malo často veľmi odlišné interpretácie v závislosti od autorov a dotknutých inštitúcií a ich záujmov. V závislosti od autorov a/alebo inštitúcií vyžaduje integrované riadenie vodných zdrojov integrovať (Biswas, 2008), napríklad:

- ciele, ktoré sa navzájom nevylučujú (hospodárska efektívnosť, prerozdelenie regionálnych príjmov, kvalita životného prostredia a sociálna starostlivosť),
- dodávku vody a dopyt po vode,
- povrchové a podzemné vody,
- množstvo a kvalitu vody,
- otázky týkajúce sa vody a pôdy,
- rôzne druhy využitia vody: domáca, priemyselná, poľnohospodárska, navigačná, rekreačná, environmentálna a vodná energia,
- rieky, vodonosné vrstvy, ústia riek a pobrežné vody,
- vodu, životné prostredie a ekosystémy,
- dodávku vody a odvádzanie, čistenie a likvidácia odpadových vôd,
- problémy s vodou v mestách a na vidieku,
- zavlažovanie a odvodnenie pôdy,
- vodu a zdravie,
- projekty a programy v oblasti makro, mezo a mikro vody,
- inštitúcie súvisiace s vodou na celoštátnej, regionálnej, komunálnej a miestnej úrovni,

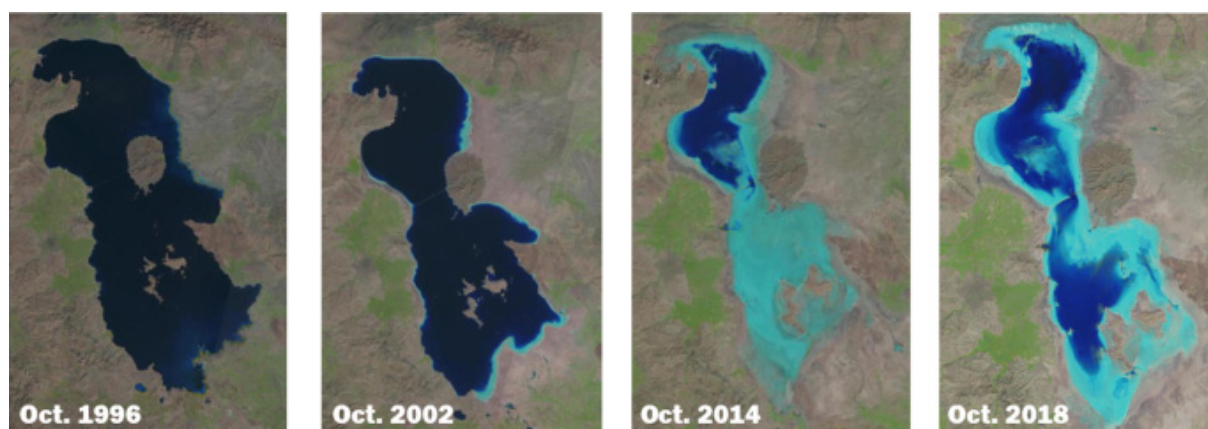
- načasovanie vypúšťania vody z nádrží na uspokojenie domácich, priemyselných, poľnohospodárskych, navigačných, environmentálnych a vodných energetických potrieb,
- všetky právne a regulačné rámce týkajúce sa vody, a to nielen z vodného hospodárstva, ale aj z iných odvetví, ktoré majú priamy vplyv na vodné hospodárstvo,
- všetky ekonomické nástroje, ktoré možno použiť na vodné hospodárstvo,
- problémy a záujmy na hornom a dolnom toku,
- záujmy všetkých rôznych zainteresovaných strán,
- národné, regionálne a medzinárodné otázky,
- vodné projekty, programy a politiky,
- politiky všetkých rôznych sektorov, ktoré majú vplyv na vodu, a to tak z hľadiska kvantity a kvality, ako aj priame a nepriame (odvetvia zahŕňajú poľnohospodárstvo, priemysel, energetiku, dopravu, zdravotníctvo, životné prostredie, vzdelávanie, rovnosť pohlaví atď.),
- vnútroštátne, medzištátne a medzinárodné rieky,
- národné a medzinárodné vodohospodárske politiky,
- načasovanie potrieb vody pre komunálne, vodné, poľnohospodárske, navigačné, rekreačné a environmentálne použitie vody,
- klimatické, fyzikálne, biologické, ľudské a environmentálne vplyvy,
- súčasné a budúce generácie,
- znečistenie vody, znečistenie ovzdušia a zneškodňovanie tuhých odpadov, najmä pokiaľ ide o ich vodné väzby.

Vyššie uvedený zoznam, ktorý nie je nijako vyčerpávajúci, identifikuje celkom 41 súborov problémov, ktoré rôzni autori a/alebo inštitúcie považujú za problémy, ktoré by mali byť integrované pod záštitou integrovaného riadenia vodných zdrojov. Na koncepcnej úrovni jednoducho nie je možné dosiahnuť mnohé alebo dokonca všetky tieto súbory problémov, ktoré by navrhovatelia chceli integrovať. Za súčasného stavu poznania to jednoducho nejde, a nie je pravdepodobné, že by sa to podarilo dosiahnuť v dohľadnej budúcnosti.

Mnoho súčasných problémov s vodou prvorado nesúvisí s nedostatkom vodných zdrojov, ale s ich nesprávnym alebo nevhodným využívaním. Takýmto príkladom môžu byť dve takmer vysušené jazerá. Pred asi sto rokmi bolo Aralské jazero štvrté najväčšie jazero na svete s rozlohou takmer 67 000 km², pričom dnes zaberá plochu asi 15 000 km² (Obr. 1.7). Aralské jazero sa z dôvodu nadmerného využívania vôd z riek Amurdarya a Syrdarya takmer stratilo. Vody oboch riek sa spotrebujú ešte pred zaústením do jazera na neefektívnu produkciu bavlny, ryže alebo obilia a ovocia. Podobná situácia je na Jazere Urmia, do ktorého pritekalo kedysi až 23 menších riek a dnes ani jedna, a tak sa jeho plocha tiež významne zmenšila (Obr. 1.8). Voda riek je použitá pre poľnohospodárstvo a na zásobenie miest a obcí bezo zvyšku pre prítok do jazera. Obe jazerá sú reliktné zvyšky mora so slanou vodou a z vyschnutých plôch sa vetrom roznáša do okolia soľ, ktorá znehodnocuje pôdu a ohrozuje ľudí a infraštruktúru. V oboch jazerách žili jedinečné druhy rýb, vtáctva a iných živočíchov, ktoré stratili miesto pre život.



Obr. 1.7 Aralské jazero v roku 1960 a 2010 a 2020 (www.nasa.gov)



Obr. 1.8 Zmeny v povrchovej ploche jazera Urmia, odvodené zo snímok Landsatu (USGS, 2019)

Je smutné, že aj keď teraz máme vedomosti, skúsenosti a technológie na efektívne hospodárenie s vodou, v súčasnosti sa z veľkej časti ignorujú alebo nie je dostatočne presadzované udržateľné využitie. Ak by sme dokázali previesť naše existujúce vedomosti o hospodárení s vodou do praxe, svetové problémy s vodou by zmizli. Vodné hospodárstvo je v niekoľkých vybraných častiach sveta príkladné.

1.4 Hlavné problémy vodného hospodárstva v poľnohospodárskej krajine

Mnoho problémov spojených s koexistenciou troch prvkov, a to voda, poľnohospodárstvo a životné prostredie ešte nie je definitívne vyriešených. Potrebné sú interdisciplinárne štúdie medzi odborníkmi na ekológiu, agronómiu, ekonomiku, vodné hospodárstvo atď.

Zadržiavanie a úspora vody sú dnes hlavnou úlohou vodného hospodárstva v poľnohospodársky využívannej krajine. Manažovanie evapotranspirácie je úloha na vyriešenie v blízkej budúcnosti. Medzi aktuálne problémy vodného hospodárstva v poľnohospodárskej krajine zaradujeme:

- verejnú funkciu poľnohospodárstva pre zabezpečenie potravín,
- integrované vodné hospodárstvo,
- novú funkciu vodného hospodárstva v poľnohospodárskej krajine,
- úlohu poľnohospodárstva pri ochrane vodných zdrojov (úspora vody, zachytávanie vody),
- úlohu melioračných sústav – systémy pre zavlažovanie a odvodňovanie pôdy,
- vplyv poľnohospodárstva bez závlah na vodné zdroje,
- úlohu miestneho územného plánovania,
- organizáciu vodného hospodárstva v štáte (štát a samospráva, vodohospodárske združenia, užívatelia vody).

Riešenie týchto problémov je viacero, ale medzi základné patria:

- Kódex správnej poľnohospodárskej praxe ako nevyhnutný doplnok týkajúci sa úspory vody, zachytávania vody, konzervácie vody, údržby zavlažovacích a odvodňovacích systémov vyplývajúci z požiadaviek Zákona o vodách a Nitrátovej smernice,
- podpora „zvýšenia retencie vody v povodí“ – regulácia odtoku vody, malé vodné nádrže, dažďové retenčné systémy,
- zadržiavanie vody – koexistencia poľnohospodárskeho a ekologického využívania pôdy v chránených územiach (ekonomické a finančné problémy),
- vzdelávanie – napríklad výuka o spôsoboch retencie vody v krajine,
- agroenvironmentálny program – potreba zahrnúť opatrenia spojené s ochranou vody (kvalita a množstvo) do poľnohospodárskej praxe. Agroenvironmentálne programy v súčasnosti nezahŕňajú problémy spotreby vody a vodnej bilancie.

Poľnohospodárstvo vplýva na vodné a životné prostredie zmenou:

- kvality vody, pričom približne 50 % dusíka a 40 % fosforu v riekach pochádza z poľnohospodársky využívaných oblastí (difúzne znečistenie),
- množstva vody, nakoľko zavlažované poľnohospodárstvo = veľmi malé množstvo z celkovej spotreby vody,
- krajiny, nakoľko v dnešnej dobe je už nízka ekologická hodnota krajiny, ktorú naďalej ohrozuje intenzifikácia a konsolidácia poľnohospodárstva.

Taktiež je potrebné venovať zvýšenú pozornosť odnosu pôdy z poľnohospodárskej krajiny, či už vodnou alebo veternou eróziou. Odnosená pôda sa dostáva do vodných tokov a nádrží, kde sa pri nižších rýchlostiach pohybu vody ukladá a znižuje prietokovú kapacitu korýt a znižuje akumulčný priestor vodných nádrží. Nanesené sedimenty sú v súčasnosti považované za nebezpečný odpad, nakoľko chýba systematický monitoring obsahu látok v nich, a z toho dôvodu nie je možné ich opätovne vrátiť a použiť na zúrodnenie ornej pôdy.

1.5 Povodne a sucho v krajine

Sucho v krajine je stav, kedy sú nedostatočné úhrny zrážok a aj zdroje povrchovej, podzemnej alebo pôdnej vody sú vyčerpané a ich stav ovplyvňuje obyvateľstvo a ich ekonomické aktivity, prírodu alebo úrodu poľnohospodárskych plodín či chov hospodárskych zvierat. Opačný stav v krajine sú povodne a ich výsledok je rovnaký, ovplyvňujú ľudí, prírodu a krajinu.

Ich výskyt je neočakávaný a často sa navzájom striedajú – sucho prerušia povodne alebo naopak.

S problematikou povodní a sucha sa stretávame v podmienkach Slovenska čoraz častejšie. Neraz počas roka sa stretneme s oboma problémami na tom istom mieste v rozdielnom čase. Žiaľ, zvýšená spoločenská pozornosť sa týmto fenoménom venuje len počas ich trvania a v pomerne krátkom čase (zvyčajne do niekoľkých týždňov) sa na ne zabudne.

V posledných dvoch desaťročiach sa na Slovensku vystriedali dve rozličné obdobia. Po roku 2000 sa v krajine zopakovalo niekoľko rokov s povodňami, ktoré vyvrcholili v rokoch 2009 až 2010. Uprostred tohto obdobia a nadpriemernými zrážkami sa v roku 2003 vyskytlo extrémne sucho. Po roku 2010 sa na Slovensku vyskytovali viac suché roky s vysokými teplotami a dlhými obdobiami bez zrážok. Avšak, úhrn zrážok za posledných 20 rokov sa veľmi nezmenil. Výrazne narástli len teploty a úmerne k tomu výpar z krajiny a potenciálna alebo aktuálna evapotranspirácia.

Stretávame sa s názorom, že sucho je omnoho nebezpečnejšie ako povodeň, ktorá spravidla zasahuje malú plochu územia a obmedzený počet obyvateľov na pomerne krátky čas. Pred povodňami máme možnosť sa chrániť pomocou protipovodňových opatrení a predpovedať ich rozsah a čas (s obmedzenými podmienkami v prípade bleskových povodní). Na druhej strane, sucho je problematické predpovedať, zasahuje veľké oblasti, ochranné opatrenia sú veľmi zložité a jeho následky pretrvávajú veľmi dlho. Zatiaľ čo cieľom protipovodňovej ochrany je primárne ochrániť obyvateľstvo a infraštruktúru pred negatívnymi následkami zvýšených prietokov, ochrana pred suchom si kladie za cieľ zaistenie nutného množstva vody v krajine pre jej fungovanie – či už ide o zásobovanie ľudí, život zvierat alebo rast rastlín (Dostál et al., 2019).

Pre ochranu pred suchom i povodňami si štáty a obyvateľstvo odpradáva budujú najrozličnejšie opatrenia. Obe tieto snahy sa stretávajú v problematike retencie vody v krajine, ktorá v prípade povodňových situácií znižuje odtoky a prejavuje sa ako celkovým zmenšením povodňovej vlny a jej transformáciou a predĺžením doby trvania so súčasným znížením kulminácie. Na druhej strane, voda zadržaná v krajine počas sucha umožňuje rast rastlín, postupným odtokom vyrovnáva rozkolísanosť prietokov a výparom zlepšuje mikroklimu. Problém retencie vody v krajine je jej protichodné fungovanie. Kým počas povodne potrebujeme mať retenčný priestor prázdny, tak počas sucha je nutné mať ten priestor plný (Dostál et al., 2019). Na tento účel sa najčastejšie po celom svete používali priehrady. Ich ochranné pôsobenie chránilo pred extrémnymi prietokmi pri povodniach a retenčný objem poskytoval vodu počas dlhšieho obdobia sucha. Čím väčšia priehrada, tým vyššia bezpečnosť. Ale veľké nádrže mali aj mnoho iných negatívnych pôsobení, a tak sa ich výstavba postupne znižuje, hoci aj dnes je vo svete v realizácii niekoľko gigantických priehrad. Úspešnejším riešením sa stali malé vodné nádrže, ktoré zadržujú vodu v mieste vzniku odtoku, a tak sú lokálnym zdrojom a majú aj lokálne využitie. Vodné hospodárstvo Slovenska sa po desaťročia pripravovalo na oba krízové stavy a zabezpečenie ochrany územia pred povodňami aj pred suchom. Pôvodný Smerný vodohospodársky plán Slovenska ale aj Plán rozvoja hydromeliórií z polovice minulého storočia vytvorili významné vodohospodárske diela, ktoré dokážu významne eliminovať pôsobenie klímy. Nielen v minulosti ale aj v súčasnosti pri zmene klimatických podmienok u nás.

Dnes sa intenzívne zaoberáme suchom a boli prijaté dokumenty v rezorte životného prostredia i pôdohospodárstva na boj so suchom. Samostatná stratégia je pre ochranu proti povodňam. Ale krajina, kde sa oba extrémny vyskytujú, je len jedna a je tá istá postihovaná suchom a v inom čase povodňami. Zvýšil sa počet hráčov závislých na vode, napr. sú to obce, ktoré si dobudovávajú vodovody a riešia kvalitné a trvalé zdroje pre zásobovanie. Je tu energetika, ktorá potrebuje vodu nielen na pohon turbín, ale aj na chladenie tepelných či jadrových reaktorov. A je tu ochrana prírody, ktorá požaduje zvýšenie prietokov v tokoch na zabezpečenie bioty v tečúcich a stojatých vodách. A sú tu mestá a priemysel s odpadovými vodami, ktoré menia zdroje vody na nekvalitné, nevyužiteľné či ohrozujúce krajinu.

Plošne je v oboch krízových stavoch najviac postihované poľnohospodárstvo. Pestované plodiny potrebujú v lete veľké množstvo vody, a to v období keď je nielen nedostatok zrážok, ale aj prietoky v riekach výrazne klesajú. Pre poľnohospodárstvo sa ako ochrana takmer automaticky uvažuje so závlahami. Ale neuvažuje sa s tým, že odbery z riek a potokov sú takmer nemožné. A tu je práve významná úloha tvorby vodných zdrojov v krajine.

1.5.1 Príčiny a opatrenia na predchádzanie povodní a sucha

Príčiny sucha a zamokrenia, resp. povodne môžeme rozdeliť:

- miestne (lokálne) – súvisia s miestnymi podmienkami,
- oblastné (zonálne, krajinné) – vyplývajú predovšetkým z klimatických vlastností väčších území (teplota, úhrn zrážok, výpar a pod.) a nevieme ich ovplyvňovať,
- kombinované – vznikajú kombináciou niektorých z vyššie uvedených príčin oblastných a miestnych.

Medzi miestne príčiny ovplyvňujúce vlhkostný režim pôdy patria orografické príčiny umožňujúce rýchly povrchový odtok pri malom vsaku vody do pôdy (prejavujú sa na svahoch s nedostatkom vlahy a zamokrením päty svahu), hydropedologické príčiny (prejavujú sa predovšetkým neusporiadaným vodným režimom pôdy), hydrogeologické príčiny (pokles hladiny podzemnej vody v čase sucha, zamokrenie pri zvýšenej hladine podzemnej vody), hydrologické (napr. riedka hydrografická sieť neumožňujúca rýchly odtok povrchovej vody), agrobiologické a hospodárske (nevhodné oševné postupy, nedostatok humusu, nevhodná agrotechnika, nevhodná voľba plodín a pod.) (Šálek, Kujal, 2016).

Opatrenia pre predchádzanie suchu a povodňam môžeme rozdeliť na:

- prírode blízke – pracujú predovšetkým s prirodzenou zložkou retencie vody v krajine (plošné zatrávnenie a zalesnenie, ponechanie pozemku vlastnému vývoju, zmeny hospodárenia na poľnohospodárskej pôde (pôdoochranné hospodárenie, zmeny osevných postupov), cielené zlepšovanie pôdných vlastností, retenčné a sedimentačné priestory, vsakovacie prielohy, líniové retenčné prvky (medza, protierózna cesta a pod.), mokrad'),
- technické – sú založené na technických prvkoch, ktorých funkcia je presne definovaná a parametre sú dimenzované na návrhové hodnoty (napr. polder, zásobný a retenčný priestor vodnej nádrže),
- transformačné – využívajú sa v protipovodňovej ochrane územia, ktorých cieľom je časový posun a predĺženie odtoku a zníženie kulminácie odtoku; v prípade zachytenia

vody v inundačnom území môže táto voda slúžiť aj na predchádzanie suchu (Dostál et al., 2019).

Je potrebné poznamenať, že v oblasti sucha a povodní neexistuje univerzálny nástroj ani opatrenie. V súčasnosti je omnoho ťažšie bojovať so suchom ako s povodňami, opatrenia proti ktorým sú celkom dobre zvládnuté (Dostál et al., 2019). Opatrenia proti suchu sú väčšinou na úrovni závlah s využitím vody zachytenej v nádržiach.

Návrh metód a spôsobu hospodárenia s vodou v krajine vyžaduje pomerne rozsiahle prieskumné práce a získanie dostatku kvalitných podkladov. Ide o podklady:

- údaje o území – územnoplánovacia dokumentácia, dokumentácia k pozemkovým úpravám, údaje o ekologickej stabilite územia, chránených územiach, vlastníctve a využívaní pozemkov, vodohospodárskych stavbách, ochranných pásmach a pod.,
- poľnohospodársko-výrobné podklady – usporiadanie, druh a výrobné zameranie na pozemkoch riešeného územia, zastúpenie pestovaných plodín, spôsob obhospodarovania pozemkov, zalesnenie územia, druhové a vekové zloženie lesa, hospodárenie v lese a pod.,
- meteorologické údaje – úhrn zrážok, intenzita a rozloženie zrážok, teploty vzduchu, prevládajúci smer a rýchlosť vetra, intercepcia, evapotranspirácia a pod.,
- hydrologické podklady – údaje o vodných stavoch a prietokoch, plocha inundačného územia, priebeh hladiny podzemnej vody a jej kolísanie,
- hydropedologické údaje – základné fyzikálne vlastnosti pôdy, infiltračné vlastnosti pôdy, hydraulická vodivosť v nasýtenom a nenasýtenom pôdnom profile,
- inžiniersko-geologické a hydrogeologické údaje – režim podzemných vôd, hydrogeologické mapy s hladinami podzemných vôd,
- geodetické podklady – výkresy stavieb, prehľadné a podrobné situácie riešených území,
- údaje z hospodárskeho a sociálneho prieskumu – informácie o negatívnom dopade nadmerných zrážok, možnosti riešenia využitia zrážkových vôd v extraviláne územia – odvodnenie, závlahy, vyrovnanosť prietokovo v tokoch a pod.,
- údaje z kultúrno-prírodného prieskumu – zhodnotenie biosféry, útvarov neživej prírody, historický vývoj územia a pod.,
- údaje o obyvateľstve – počet obyvateľov, veková štruktúra (Šálek, Kujal, 2016).

1.5.2 Povodne

Povodeň je keď objem vody stúpne natoľko, že koryto toku je nepostačujúce a dôjde k vyliatiu vody z neho do okolitého prostredia. Hladina toku postupne stúpa niekoľko dní, kým opustí koryto. Vo všetkých prípadoch zaplavenie súvisí so zvýšeným prietokom v koryte toku. Náhle (bleskové) povodne sa objavujú s malým upozornením a trvajú krátko. Na vznik povodní má vplyv niekoľko faktorov, a to nasýtenosť pôdy, charakteristiky povodia a koryta toku, topografia, množstvo zrážok, dlhé dažďové obdobie, intenzívne búrky, náhle topenie snehu a pod. V niektorých prípadoch závažnosť záplav a druhy škôd sú priamym výsledkom poľnohospodárstva, urbanizácie a oblasti pre rozvoj (Potter, Colman, 2003).

Povodňou (zákon č. 7/2010) je dočasné zaplavenie územia, ktoré zvyčajne nie je zaliate vodou. Povodeň vzniká, keď:

- a) sa prechodne výrazne zvýši hladina vodného toku a bezprostredne hrozí vyliatie vody z koryta vodného toku alebo sa voda z koryta vodného toku už vylieva,
- b) je dočasne zamedzený prirodzený odtok vody zo zrážok alebo topenia snehu do recipientu a dochádza k zaplaveniu územia vnútornými vodami; vnútorné vody sú vody, ktoré sa vyskytujú na území chránenom hrádzami alebo protipovodňovými líniami, najmä vody, ktoré nemôžu odtekať prirodzeným spôsobom pri zvýšenom stave vody v recipiente, vody z intenzívnej zrážkovej činnosti alebo topenia snehu na území bez možnosti odtoku prostredníctvom vodného toku,
- c) hrozí vyliatie vody z koryta vodného toku alebo sa voda z koryta vodného toku vylieva v dôsledku chodu ľadov, vzniku ľadovej zátarasy, ľadovej zápchy alebo vytvorenia iných prekážok v koryte vodného toku, na mostoch, priepustoch alebo na zaplavovanom území,
- d) sa zaplavuje územie následkom intenzívnych zrážok alebo hromadenia sa vody z topiaceho sa snehu,
- e) sa zaplavuje územie v dôsledku vystúpenia hladiny podzemnej vody nad povrch terénu, napr. z dôvodu dlhotrvajúce vysokého vodného stavu vo vodnom toku,
- f) hrozí vyliatie vody z koryta vodného toku alebo sa voda z koryta vodného toku vylieva v dôsledku poruchy alebo havárie na vodnej stavbe, alebo v dôsledku priesaku vody cez alebo popod hrázu.

Podľa OTN ŽP 3112-1:03 povodňou je fáza hydrologického režimu vodného toku, vyznačujúca sa náhlym zvýšením hladiny vody v toku a jej následným poklesom. Týmto zvýšením hladiny sa prekročí jej kritická hodnota v danom profile toku, voda sa vyleje z koryta a zaplaví príľahlé územia, čoho dôsledkom sú hospodárske škody.

Slovenský vodohospodársky podnik, š. p. (2020) na svojej internetovej stránke uvádza nasledované základné typy povodní, a to podľa príčin vzniku:

- regionálne povodne – vyvolané dlhotrvajúcimi zrážkami na rozsiahlom území alebo topiacim sa snehom v povodiach, zasahujú veľké územné celky, majú dostatočnú intenzitu a trvajú viac hodín alebo dní,
- prívalové povodne – spôsobené lokálnymi krátkotrvajúcimi intenzívnymi lejakmi, ich účinok sa obmedzuje na relatívne malé územia,
- „bariérové“ povodne – vznikajúce v dôsledku dočasného prirodzeného alebo umelého prehradenia toku.

Český hydrometeorologický ústav (2020) dopĺňa nasledujúce typy povodní:

- pluvialne (dažďové) – vznikajú zaplavením plochých území dažďovou vodou, ktorá neodteká vodnými tokmi,
- bahnotok – niekedy sa zrážkami nasýti pôda natoľko, že stratí stabilitu a po svahu prúdi zmes vody, bahna a kameňov,
- letné povodne – spôsobené dlhotrvajúcimi zrážkami s veľkou intenzitou s vysokými úhrnmi prejavujúce sa výraznými dôsledkami na stredných a väčších vodných tokoch,

- povodeň z topenia sa snehu – spôsobené rýchlym topením snehu, často v kombinácii s dažďovými zrážkami; tieto povodne zasahujú najčastejšie podhorské vodné toky a pri rozsiahlejšom oteplení v kombinácii s dažďom zasahujú aj veľké nížinné vodné toky,
- povodne spôsobené ľadovými javmi na vodných tokoch v zimnom období spôsobené ľadovými záťarasami a zápchami, ktoré môžu vzniknúť na vodných tokoch všetkých kategórií; intenzitu povodne určujú kombinácie miestnych podmienok v korytách vodného toku a výskytu prírodných meteorologických javov (dlhé mrazivé obdobie striedané teplotnými inverziami alebo prudkým oteplením),
- zvláštne povodne – povodne spôsobené umelými vplyvmi, t. j. situáciami, ktoré môžu nastať pri stavbe alebo prevádzke vodného diela, pri narušení vzdúvajúceho telesa, pri poruche hradiacich konštrukcií výpustných zariadení alebo pri riešení kritických situácií z hľadiska bezpečnosti vodných diel.

Okrem vyššie spomenutých povodní sa môžeme vo svete stretnúť aj tými:

- Jökulhaup – zvláštny druh povodne vyskytujúci sa na Islande, ktorý vzniká pri výbuchu sopky, kedy sa naraz rozpustí ľadovec a sneh na vrchu sopky a táto voda následne rýchlo tečie do údolia,
- povodeň na morskom pobreží – povodeň spôsobená tzv. búrlivým prílivom, kombináciou prílivu a veternej búrky; môžu byť spojené s tropickými búrkami, tajfúnmi a hurikánmi,
- tsunami – vzniká v moriach a oceánoch pri zemetrasení alebo výbuchu sopky, kedy sa všetka voda pohybuje od hladiny po dno vysokou rýchlosťou (aj stovky kilometrov za hodinu) a pri pobreží sa vlny zvyšujú a môžu dosiahnuť výšku niekoľkých desiatok metrov; podobná situácia môže nastať pri zosune veľkého objemu svahu do jazera alebo nádrže,
- povodeň z podzemnej vody – vzniká pri vystúpení hladiny podzemnej vody nad povrch (Český hydrometeorologický ústav, 2020).

Najdôležitejšie faktory vzniku povodne a povodňových škôd sú:

- intenzita a trvanie zrážky, resp. intenzita topenia snehu, časové a priestorové rozdelenie zrážok,
- vodná kapacita pôd v zasiahnutom území a aktuálna vlhkosť pôdy v dobe výskytu zrážky (hlĺbka pôdy, priepustnosť pôdy a pôdne hydrolimity),
- zastavané plochy a inžinierske stavby – poľné a lesné cesty, štátne cesty, mosty a priepusty, železnice, komplexy budov, využívanie územia a aktuálny stav vegetácie,
- hustota a kapacita riečnej siete, hydromorfologické vlastnosti tokov, retenčná kapacita vôd v území, vodné nádrže a poldre v území,
- spôsob využívania poľnohospodárskych plôch – oševné postupy, protierózne opatrenia, medziplodiny s ochranným účelom,
- stav a údržba tokov – nevhodné a neudržiavané brehovú porasty, nánosy na dne z predchádzajúcich povodní a vodnej erózie, poškodené opevnenia a objekty v toku,
- zle vyriešené vodné a infraštruktúrne stavby – hate, odberné miesta, križovania vodovodu alebo plynovodu a pod.,

- skladovanie nevhodných materiálov v inundačnom území – drevo, stavebné materiály, seno, slama, poľnohospodárske stroje, dočasné budovy a sklady,
- nevhodné umiestnenie dopravnej infraštruktúry – mosty priepusty, vyústenie priekop a pod.,
- čierne stavby a skládky odpadov v tesnej blízkosti toku,
- chýbajúce preventívne protipovodňové kontroly v inundačnom území,
- nedostatok financií na odstránenie zistených nedostatkov a škôd (Jurík et al., 2010).

V praxi pri riešení protipovodňovej ochrany vychádzame z predpokladu, že 100 percentná protipovodňová ochrana neexistuje a ku škodám môže prísť vždy. Zabezpečenosť ochrany územia pred povodňou vychádza z analýzy možných škôd pri povodni a nákladov na zabezpečenie ochrany (cost-benefit analýza – analýza zisku a nákladov). Treba si tiež uvedomiť, že ľudia môžu povodňové škody zmenšiť ale aj významne zhoršiť. To závisí od ich zaškolenia, vybavenia a dodržiavania legislatívneho rámca.



Obr. 1.9 Protipovodňové opatrenia - ochranná hrádza (vľavo hore), polder (vpravo hore), štrbinová prehrádzka (vľavo dole) a betónová prehrádzka (vpravo dole) (Foto: Kaletová)

Moderná protipovodňová ochrana je postavená na štyroch pilieroch:

- protipovodňová ochrana v území – zastavanosť a činnosti v území, organizácia povodňovej ochrany, analýza rizika a modelovanie povodne,

- technické protipovodňové opatrenia (Obr. 1.9) – hate, poldre, nádrže, ochranné hrádze, mobilné zariadenia na ochranu územia, údržba korýt,
- zadržanie vody v území – spomalenie odtoku úpravou koryta,
 - opatrenia v krajine – zátopové plochy,
 - opatrenie v zastavanom území – riešenie stokových sietí a pod.,
 - poľnohospodárske plochy – zvyšovanie infiltrácie, povrchovej drsnosti a retencie, oševné postupy, spôsob obrábania pôdy a pod,
- ľudský faktor – reálne zodpovedné osoby, školenie pracovníkov, obnova dokumentácie, pravidelné prehliadky územia a stanovenie úloh po vzniku kritického stavu. Do tejto oblasti patrí aj starostlivosť štátu, kde zaraďujeme vedu a výskum, legislatívu, technické normy, podporné organizácie a finančné podmienky pre preventívne opatrenia (Jurík et al., 2010).

Opatrenia na zvýšenie schopnosti previesť zrážkovú vodu do pôdneho prostredia spočíva v:

- zvyšovaní priepustnosti pôdy vhodnou agrotechnikou (orba po vrstevnici, kyprenie a pod.), zvyšovanie a skvalitňovanie pôdnej štruktúry, zvyšovanie obsahu humusu, mikrobiologickej aktivity v pôde,
- tvarovaní pozemkov po vrstevnici, pásovým pestovaním plodín, vhodnou plodinovou skladbou na poľnohospodárskej pôde, zodpovedným hospodárením v lese,
- znížením prejazdov až zamedzením použitia ťažkých mechanizmov na poľnohospodárskej a lesnej pôde, čím znížime zhutnenie pôdy, využitie satelitného navádzania prejazdov poľnohospodárskych strojov po pôde,
- regulácií a retardácií odtoku na poľnohospodárskej pôde odvodnenej podpovrchovou drenážou, ktorá umožňuje riadiť vlhkosť režim odvodnenej pôdy, znižuje podiel odtoku z odvodnených plôch a súčasne vytvára priaznivé podmienky pre pestovanie poľnohospodárskych plodín,
- revitalizačných opatreniach vodných tokov spočívajúcich vo zväčšení ich členitosti a priestorového usporiadania, predĺžení dĺžky a spomalení prietokovej rýchlosti, vytváraní retenčných priestorov a pod.,
- širšom využití odvodňovacích kanálov, ktoré môžu pomáhať v regulácii vodného režimu plôch (Šálek, Kujal, 2016).

1.5.3 Sucho v krajine

Sucho je prirodzené riziko, ktoré je charakterizované nižšími zrážkami ako sú očakávané (predpokladané) alebo zrážky v normálnom roku, a to keď dlhé obdobie počas roka, prípadne vegetačného obdobia, je ich nedostatok pre ľudské aktivity alebo životné prostredie. Ide o dočasný jav. Vyskytuje sa vo všetkých klimatických oblastiach a postihuje nielen oblasti s nízkymi, ale aj s vysokými priemernými úhrnmi zrážok. Jedná sa o regionálny jav.

Sucho samo o sebe nie je katastrofa. Či sa ňou stane, závisí od vplyvu na miestnych obyvateľov, miestnu ekonomiku a životné prostredie a ich schopnosti zápasit', resp. vyrovnať sa s následkami.

Pojmom sucho sa rozumie nedostatok vody vo vzduchu, na zemskom povrchu a v pôde. Sucho je možné definovať aj ako narastajúci odtok z územia z normálnych alebo predpokladaných

zrážok ako je dlhodobý priemer. Deje sa to rýchlo (napr. v priebehu vegetačného obdobia) alebo trvá mesiace, kým sa prejaví na znížených prietokoch vodných tokov, znížením hladiny v nádržiach, narastajúcou hĺbkou hladiny podzemnej vody. Je zložité presne určiť, kedy sucho začalo a kedy skončilo. Prvým sektorom, v ktorom sa nedostatok zrážok prejaví najmä nedostatkom pôdnej vlahy, je poľnohospodárstvo (WMO, 2006).

Rozoznávajú sa nasledujúce typy sucha:

- meteorologické – je dané nižšími zrážkami v porovnaní s riešeným obdobím, napr. 75 % zo zrážok v normálnom roku vo vegetačnom období,
- hydrologické (Obr. 1.10 vľavo) – je dané povrchovými a podpovrchovými zásobami vody v priemerných podmienkach, ale v rozdielnom čase; taktiež nie je závislosť medzi zrážkami a zásobou vody v jazerách, nádržiach, vodných tokoch a pod., pretože sú používané aj pre závlahy, rekreáciu, turistiku, protipovodňovú ochranu územia, dopravu, výrobu elektrickej energie, sú používané v domácnostiach a pod.,
- poľnohospodárske (Obr. 1.10 vpravo) – je definované porovnaním dostupnosti pôdnej vlahy pre plodiny a krmoviny v riešenom období s bežným rokom v tom istom období (napr. vegetačnom); medzi zrážkami a infiltráciou zrážok do pôdy nie je priamy vzťah; infiltrácia je rozdielna podľa súčasných vlhkostných podmienok pôdy, sklonu svahu, typu pôdy a intenzity zrážok,
- socio-ekonomické a politické (WMO, 2006).



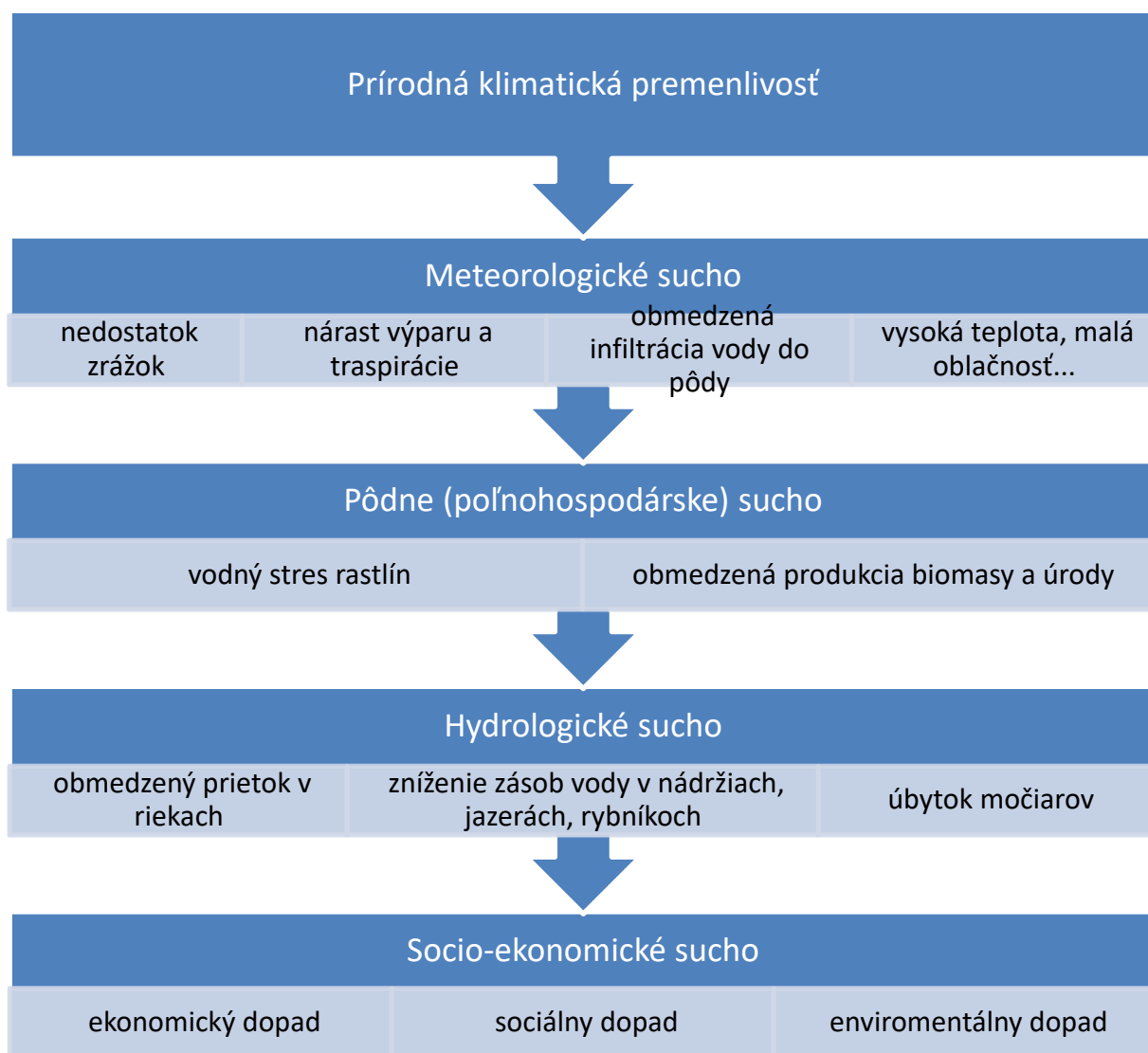
Obr. 1.10 Prejav hydrologického (vľavo) a poľnohospodárskeho (vpravo) sucha (Foto: Kaletová)

Pre sucho je typické jeho šírenie v hydrologickom cykle. Sucho vždy začína v atmosfére, v dôsledku nedostatku zrážok a vysokých teplôt. Nedostatok vody v pôde spôsobuje jej zníženú dostupnosť pre rastliny a taktiež nedostatočné dopĺňanie podzemných vôd, a v konečnom dôsledku vedie k zníženiu hladín podzemných vôd. Veľkosť následných škôd závisí od intenzity sucha a jeho trvania, ako aj zraniteľnosti konkrétneho prírodného prostredia voči suchu (Obr. 1.11). Suché ovzdušie zasa prispieva k zvýšeniu potenciálnej evapotranspirácie.

Na určenie sucha v daných klimatických podmienkach sa používa niekoľko kritérií. Je to napr. rozdiel medzi skutočnou a potenciálnou evapotranspiráciou, klimatický ukazovateľ zavlaženia

(rozdiel medzi úhrnom atmosférických zrážok a potenciálnou evapotranspiráciou), radiačný index sucha (porovnanie úhrnu zrážok a energie z radiačnej bilancie), prípadne stav, keď úhrn zrážok za 15 dní nedosiahne viac ako 1 mm. Na presnejšie stanovenie sucha, je potrebné počítať s dlhodobým režimom vlhkosti pôdy, vegetačnou fázou, druhom rastliny, geografickými podmienkami a dlhodobým režimom meteorologických podmienok (Lapin, 2005).

Faktormi odlišujúcimi sucho v jednotlivých oblastiach sveta sú teplota vzduchu, vietor a relatívna vlhkosť vzduchu. Charakteristiky sucha tvorí jeho intenzita, trvanie a priestorové referencie (WMO, 2006). Ani Slovensku nie je problematika sucha cudzia. U nás je najčastejšou príčinou sucha nerovnomerné časové a priestorové rozloženie zrážok. Úbytok vody dostupnej pre rastliny je spôsobený nielen nedostatočnými zrážkami (dajú sa nahradiť doplnkovou závlahou), ale aj stanovištnými podmienkami. Vplyv na zásobu vody v pôde má hladina podzemnej vody, výška transpirácie a evaporácie, druh pestovanej plodiny, špecifický odtok z územia a pod.



Obr. 1.11 Druhy sucha v krajine (spracované podľa Falkenmark et al., 1999)

Sucho môže byť:

- trvalé – spôsobené klimatickými faktormi a postihuje rozsiahle oblasti aridného klimatického pásma
- občasné – v oblastiach s vyššími úhrnmi zrážok ako je sumárna evapotranspirácia, ale rozdelenie zrážok je nerovnomerné, s nepravidelným výskytom zrážok.

Tab. 1.7 Dlhodobé a krátkodobé opatrenia na zvládanie sucha

Kategória	Typ opatrenia	
	Dlhodobé opatrenia	Krátkodobé opatrenia
Redukcia spotreby	• ekonomické stimuly na šetrenie vody pestovaním menej náročných plodín namiesto intenzívne zavlažovaných plodín • recyklácia vody z priemyslu	• verejné informácie o obmedzení používania vody v niektorých mestských častiach • obmedzenie zavlažovaných plodín • povinné prideľovanie dávok vody
Spotreba vody	• opätovné použitie vyčistenej odpadovej vody • prevod vody medzi povodiami • výstavba nových nádrží alebo zvýšenie zásobného objemu existujúcich nádrží • výstavba rybích fariem • kontrola strát vody z nádrže priesakom a odparovaním	• zlepšenie existujúceho nedostatku vodného systému • použitie zdrojov nízkej kvality alebo vysokých nákladov na využitie • využitie zásob podzemnej vody • obmedzenia neekologického alebo rekreačného použitia
Minimalizácia vplyvov	• vzdelávacie činnosti na zlepšenie pripravenosti na suchu • prerozdelenie vodných zdrojov na základe požiadaviek na kvalitu vody • vývoj systémov včasného varovania • poisťné programy	• dočasné prerozdelenie vodných zdrojov • verejná pomoc na vyrovnanie strát z príjmu • zníženie dane alebo predĺženie termínu platby • verejná pomoc pre poistenie úrody
Stratégia	Manažment sucha si vyžaduje výber najvhodnejšej kombinácie dlhodobých a krátkodobých opatrení s ohľadom na zraniteľnosť konkrétnych sektorových potrieb a na závažnosť sucha.	Aplikácia multikriteriálnej analýzy by mala brať do úvahy rozdielne názory zainteresovaných strán na rôzne alternatívy.

Medzi najvýznamnejšie dôsledky sucha patria škody spôsobené suchom v rôznych oblastiach národného hospodárstva. Problémom je, že:

- vysušená krajina je náchylnejšia na vznik požiaru, ktorý môže následne spáliť rozsiahle oblasti lesného porastu,

- popraskanie pôdy a dezertifikácia krajiny zhoršuje podmienky pre rast rastlín,
- poškodenie rastlín spôsobené nedostupnosťou vody pre rastliny alebo neschopnosťou vodu využiť znižuje úrodu,
- zo strát na poľnohospodárskej produkcii pramení podvýživa a ľahšie šírenie chorôb,
- kvôli nedostatku vody vzniká sociálne napätie, ktoré môže prerásť až do vojenských konfliktov o vodu a jedlo,
- dochádza k rozsiahlej migrácii obyvateľstva z postihnutých oblastí,
- vplyvom prevládajúceho výparu dochádza k zasoleniu pôdy, čo znižuje jej úrodnosť v budúcnosti,
- pokles hladín vo vodných tokoch a v jazerách môže smerovať až k úplnému vyschnutiu a vyhynutiu niektorých organizmov.

Dezertifikáciou (vysušovaním) sa v krajine stráca predovšetkým poľnohospodárska pôda. Stratou vody sa menia najčastejšie plochy využívané ako pasienky, ale postihnuté sú aj iné formy krajiny ako orná pôda alebo lesy. Asi 12 % rozlohy súše sa využíva ako orná pôda, teda pre produkciu biomasy, ktorá je základným článkom potravinového reťazca zvierat aj ľudí.

O vysušovaní sa hovorí, keď v oblastiach s relatívne suchým podnebím sú prírodné zdroje (pôda, vegetácia, voda) narušené alebo zničené v dôsledku nadmerného používania človekom. Takéto zničenie má dramatické následky:

- vegetácia klesá alebo úplne mizne,
- voda sa stáva nedostatkovým tovarom,
- pôdy sa stávajú po stratení organických látok a mikroorganizmov ľahko erodovateľné vetrom i vodou. Častice pôdy a predovšetkým piesok prenáša vietor a ničí blízku infraštruktúru.

Stručne povedané, krajina začína byť neplodná a nevhodná pre život ľudí. Pre zvládanie sucha boli vybrané viaceré dlhodobé a krátkodobé opatrenia, ktoré môžeme rozdeliť do štyroch kategórii (Tab. 1.7).

1.5.4 Hospodárenie s vodou v mestách

Pri otázke riešenia hospodárenia s vodou v mestách a obciach sa najčastejšie hovorí o Integrovanom manažmente vody v mestách, ktorý zahŕňa riadenie splaškových, priemyselných a dažďových vôd ako súvislostí v štruktúre riadenia prírodných zdrojov pri využití mestskej oblasti ako jednotky riadenia (UNEP, 2003). To možno opísať aj ako holistické riadenie všetkých druhov vody v mestskom prostredí, aby sa minimalizoval vplyv na vodné zdroje v krajine (množstvo a kvalitu) a aby sa maximalizovala jeho využiteľnosť v meste. Takéto riešenia sú predmetom projektantov stokových sietí, ktorí sa snažia predovšetkým o bezpečné odvedenie do čistiarny odpadových vôd. Lepšie hospodárenie s vodami v urbanizovaných územiach by malo byť navrhnuté tak, aby uľahčilo šetrnejšie zaobchádzanie s vodnými zdrojmi na území mesta tak, že sa zabezpečí primeraná úroveň zohľadnenia celkového vodného cyklu v každej etape plánovacieho systému.

Pojem zelená infraštruktúra si našiel miesto v dokumentoch Európskej únie, ale aj v mnohých publikáciách – vedeckých alebo odborných (European Commission, 2013). V diskusii v Európskom parlamente zaznelo objasnenie, že zelená infraštruktúra je nástroj na dosiahnutie

ekologických, hospodárskych a sociálnych výhod založených na prirodzených riešeniach. Podľa niektorých štúdií sú tieto infraštruktúry výhodné z ekonomického hľadiska, sú trvácnejšie, v mnohých prípadoch napomáhajú vytvárať nové pracovné príležitosti na miestnej úrovni, niekedy môžu byť alternatívou, niekedy súčasťou tradičných riešení, môžu byť zavedené do siete prírodných a poloprírodných oblastí a ak sa strategicky plánujú s ďalšími environmentálnymi prvkami, môžu poskytnúť široké spektrum ekosystémových služieb.

Úloha zelenej infraštruktúry sa stáva nevyhnutnou a pre svoje fungovanie si vyžaduje, aby sa rozšírila na európskej, ale aj vnútroštátnej a miestnej úrovni. Je potrebné transponovať európsku stratégiu do opatrení členských štátov, stimulovať zásahy založené na využívaní prirodzených riešení, a teda na trvalo udržateľnom využívaní prírodných zdrojov. Niekoľko možností využitia zelenej infraštruktúry sa ponúka napr. v mestách pri navrhovaní a implementácii nových zelených plôch, pásov zelene, parkov, záhrad, stromov, zelených striech a stien, pri intervenciách prispôsobenia, integrácie, riadenia a rozvoja existujúcich ekologických infraštruktúr s cieľom zmierniť účinky horúčav a zlepšiť miestnu mikroklimu.

Anglická definícia zelenej infraštruktúry je uvedená v diele Green Infrastructure Guidance (Gale, Harries, 2009): „Zelená infraštruktúra je strategicky plánovaná a dodávaná sieť, ktorá zahŕňa najširšiu škálu kvalitných zelených plôch a iných environmentálnych prvkov. Mala by byť navrhnutá a riadená ako multifunkčný zdroj schopný poskytovať tieto ekologické služby a kvalitu života, ktoré požadujú komunity, ktorým slúžia a ktoré potrebujú na podporu udržateľnosti. Jej návrh a riadenie by malo tiež rešpektovať a posilňovať charakter a rozlišovaciú spôsobilosť oblasti s ohľadom na biotopy a typy krajiny“. Táto definícia je komplexnejšia a zrozumiteľnejšia, nie sú v nej uvedené len zelené plochy, ale aj technické prvky na udržateľnosť zelene predovšetkým hospodárením s vodou.

Zelená infraštruktúra je často zamieňaná s pojmom zeleň v meste. Medzi oboma pojmami je základný rozdiel, pretože zeleň v meste nepredstavuje multifunkčné chápanie, ale len tvorbu zelených plôch. Zeleň v mestách je klasické opatrenie na estetické usporiadanie verejných plôch už po stáročia. Umiestňovanie zelene v centrách miest a tepelne ohrozených častiach je len praktickým použitím zelene s potrebnou zvýšenou starostlivosťou vzhľadom na charakter miesta (Halaj et al., 2020).

1.6 Zelené opatrenia na zadržanie vody na Slovensku

Skúsenosti na Slovensku s implementáciou malého zadržiavania vody sú dost' okrajové. Pokyny na národnej úrovni boli vypracované, ale k realizácii ešte nedošlo. Je však možné urobiť niekoľko predbežných poznámok:

- Problémy s vodným hospodárstvom neexistujú iba v poľnohospodárstve, ale vo všetkých povodiach, kde odteká voda. Podmienky za posledných 20 rokov sa zmenili a v dôsledku toho došlo k zrýchlenému odtoku a zvýšenej variabilite prietoku v povodí.
- Miestne zmeny podnebia sú dôsledkom globálnych klimatických zmien. Aj keď už v minulosti išlo o problém, tieto výzvy si teraz naliehavo vyžadujú finančné investície.
- Hlavným problémom spojeným so zadržiavaním vody je dodržiavať právne predpisy a uplatňovať príslušné technické parametre. To si vyžaduje rozsiahle vedomosti, najmä v oblasti hydrológie, vodného hospodárstva a vied o životnom prostredí. V súčasnosti

existuje množstvo príkladov, keď implementácia nepriniesla želaný efekt, pretože chýbali príslušné znalosti. Napríklad realizácia zelenej plochy automaticky neznamená, že bude tok riek v priebehu roka rovnomerný a dôjde k aktívnemu rozvoju prírodnej fauny vo vodných nádržiach.

- Politické a sociálne sily vedú k hospodáreniu s vodou, čo má zase vplyv na krajinu. Všetci zúčastnení aktéri však majú rôzne záujmy, ktoré vytvárajú potenciálne konflikty.

Tab. 1.8 Systémy a metódy zadržiavania vody vo vidieckych oblastiach (Mioduszewski, 1997, upravené autormi)

Vodné zdroje	Systémy a metódy
Retencia vody v krajine (biotopoch)	Systémy formujúce správnu štruktúru využívania pôdy prostredníctvom: • sústavy orných pôd, trávnych porastov, lesov, ekologických pozemkov a nádrží • zalesňovanie, vytváranie ochranných pásov, kríkov lesných drevín, • vytváranie kontúrových pásov a terás • zväčšovanie povrchu mokradí a močiarov,
Retencia vody v pôde	Kultivačné systémy formujúce vodné zásoby v pôdnom profile: • zlepšenie pôdnej štruktúry, odvodnenie pôd, vápnenie, správne agrotechniky, správne striedanie plodín, zvyšovanie obsahu organických látok v pôde
Pôdna a podzemná voda	Kultivácia – systémy obmedzujúce povrchový odtok: • obmedzenie povrchového odtoku • zvýšenie infiltračnej kapacity pôdy • protierózne opatrenia, fyto-drenážne a agro-drenážne opatrenia • regulácia odtoku z drenážnych zariadení • nádrže a vsakovacie zariadenia na akumuláciu dažďovej vody zo spevnených plôch
Povrchové vody	Vodohospodárske objekty a stavby na zadržanie a retenciu vody: • malé vodné nádrže • regulácia odtoku z malých vodných nádrží • zadržanie vody v drenážnych systémoch a drenážnych kanáloch • retencia vody odtekanej z drenáže • zvýšenie retencie vody v údoliach vrátane poldrov a suchých nádrží
Urbanizované vidiecke územia	Prírode blízke objekty a stavby na zadržanie a retenciu vody: • dažďové záhrady • nádrže a mokradné biotopy • zelené steny a strechy, modré strechy • podzemné retenčné systémy • vsakovacie priekopy, priehlbne

1.7 Znečistenie vody

Znečistenie vody je veľkým globálnym problémom. Viac ako 14 000 ľudí zomiera denne v dôsledku znečistenia vody, resp. následky spojené s nedostatkom čistej vody. Okrem toho, že v rozvojových krajinách existujú akútne problémy so znečistením vody, aj rozvinuté krajiny čelia rovnakým problémom. V poslednej národnej správe o kvalite vody v USA bolo 45 % dĺžky vodných tokov, 47 % jazier a 32 % hodnotených zátok klasifikovaných ako znečistené.

Voda sa zvyčajne označuje ako znečistená, keď je narušená antropogénnou kontamináciou a nie je pitná alebo prechádza významnou zmenou, ktorá vedie k obmedzenej biodiverzite alebo prežitiu vodných organizmov.

So znečistením vody je spojených viacero dôležitých pojmov, ktoré uvádzame nižšie, ktoré boli definované vo viacerých právnych dokumentoch. Smernica 2000/60/ES uvádza, že:

- znečisťujúca látka znamená akúkoľvek látku schopnú spôsobiť znečistenie;
- znečisťovanie znamená priame alebo nepriame zavádzanie látok alebo tepla do vzduchu, vody alebo pôdy ako výsledok ľudskej činnosti, ktoré môže byť škodlivé pre ľudské zdravie, alebo kvalitu vodných ekosystémov, alebo suchozemských ekosystémov priamo závislých od vodných ekosystémov, ktoré má za následok poškodenie hmotného majetku, alebo poškodenie, alebo narušenie estetických hodnôt životného prostredia a jeho iného oprávneného využívania.

Smernica 2006/118/ES ďalej definuje pojmy:

- norma kvality podzemných vôd je norma kvality životného prostredia vyjadrená ako obsah konkrétnej znečisťujúcej látky alebo skupiny znečisťujúcich látok alebo ako indikátor znečistenia v podzemných vodách, ktorá by nemala byť prekročená z dôvodu ochrany ľudského zdravia a životného prostredia;
- prahová hodnota je norma kvality podzemných vôd stanovená členskými štátmi;
- vstup znečisťujúcich látok do podzemných vôd je priame alebo nepriame vnášanie znečisťujúcich látok do podzemných vôd spôsobené ľudskou činnosťou;
- požadovaná úroveň je koncentrácia látky alebo hodnota indikátora v útvere podzemných vôd zodpovedajúca žiadnym alebo len veľmi nepatrným antropogénnym zmenám v porovnaní s nenarušenými podmienkami;
- základná úroveň je priemerná hodnota meraná aspoň počas referenčných rokov 2007 a 2008 na základe programov monitorovania vykonávaných podľa článku 8 smernice 2000/60/ES alebo, v prípade látok identifikovaných po týchto referenčných rokoch, počas prvého obdobia, za ktoré sú dostupné údaje z monitorovania.

Zákon č. 364/2004 Z. z. o vodách pod pojmom odpadová voda rozumie vodu použitú v obytných, výrobných, poľnohospodárskych, zdravotníckych a iných stavbách a zariadeniach alebo v dopravných prostriedkoch, pokiaľ má po použití zmenenú kvalitu (zloženie alebo teplotu), ako aj priesaková voda zo skládok odpadov a odkalísk. Za použitú vodu sa nepovažuje voda vypúšťaná z rybochovných zariadení, rybníkov a vodných nádrží osobitne vhodných na chov rýb.

Odpadová voda môže byť splašková, priemyselná a komunálna. Splaškovou OV je voda použitá v obydliach a službách, predovšetkým z ľudského metabolizmu a činností

v domácnostiach, z kúpeľní, stravovacích zariadení a z iných podobných zariadení a nie je hromadená v žumpách. Priemyselnou odpadovou vodou je voda z výrobných činností, priemyslu, služieb a živností, ktorá je iného charakteru ako splašková odpadová voda a voda z povrchového odtoku. Komunálna OV je voda zo sídelných útvarov obsahujúca prevažne splaškovú OV; môže obsahovať priemyselnú OV, infiltrovanú vodu a v prípade jednotnej alebo polodielenej stokovej siete aj vodu z povrchového odtoku (Zákon č. 364/2004 Z. z.).

Tab. 1.9 Počet obyvateľov napojených na verejnú kanalizáciu a bilancia ČOV

	2003	2010	2017	2018
Počet obyvateľov napojených na verejnú kanalizáciu (tis.)	2 978	3 282	3 682,23	3 724
Podiel obyvateľov napojených na verejnú kanalizáciu (%)	55,4	60,4	67,72	68,4
Počet čistiarní odpadových vôd	384	607	697	*
Celková kapacita čistiarní odpadových vôd (tis. m³/deň)	2 111,7	2 196,9	1 675,5	*

Zdroj: Správy o stave životného prostredia na Slovensku; *údaj nebol zverejnený

Hétharši a Horanová (1998) delia odpadové vody podľa druhu a spôsobu znečistenia na:

- splaškové – splašky z kuchýň, kúpeľní, toaliet...,
- infekčné – z infekčných oddelení nemocníc, z tuberkulózných sanatórií, mikrobiologických laboratórií, z výrobní očkovacích látok, z infikovaných zvierat a z pridružených prevádzok, ktoré obsahujú choroboplodné zárodky takého druhu a v takej miere, že vyžadujú osobitné opatrenia pred vypustením do stokovej siete,
- priemyselné – OV z technologických procesov, chladiace vody, ktorých znečistenie je najrozmanitejšieho druhu podľa technológie výroby; OV z poľnohospodárstva,
- dažďové – vrátane vôd z topenia sa snehu,
- podzemné, zvláštne vody – v súlade s kanalizačným poriadkom,
- ostatné – odpadové vody, ktoré sa dostali do stokovej siete nepredvídateľnými okolnosťami.

Ďalej sa rozoznáva šedá a čierna voda. Šedá voda je voda, ktorá sa používala na kúpanie, sprchovanie, umývanie, na pranie odevov a umývanie podláh. Čierna voda sa skladá z odpadovej vody zo záchodov a kuchynských výleviek (Myers et al., 1999).

Pod pojmom znečisťovanie vody sa rozumie akékoľvek zhoršenie kvality vody oproti prirodzenému stavu. Podľa povahy možno znečistenie rozdeliť na (Noskovič et al., 2017):

- fyzikálne znečistenie – zapríčinené nerozpustnými prísadami organického alebo anorganického pôvodu, ktoré sú vo vode rozptýlené vo forme suspenzie a podľa mernej hmotnosti a veľkosti tvoria usadeniny alebo sa vznášajú, resp. plávajú na hladine. V podzemných vodách sa toto znečisťovanie obvyčajne nevyskytuje.
- chemické znečistenie – zapríčinené prísadami tuhého, kvapalného alebo plyného skupenstva rozpustnými vo vode. Sú to predovšetkým kyseliny (organické,

anorganické), dusičnany, chloridy, sírany, soli ťažkých kovov, fenoly a iné. Z plyných látok sa vo vode vyskytujú napr. CO₂, sulfán a iné. Chemické znečistenie býva výraznejšie a nebezpečnejšie za malých prietokov v toku.

- biologické (organické) znečistenie – zapríčinené rôznymi druhmi organizmov a ich metabolitov (sulfán, metán a pod.). Najnebezpečnejšie sú choroboplodné mikroorganizmy. Uvedené znečistenie vôd, najmä povrchových, sa vždy kombinuje.

V znečistených vodách dochádza veľmi často ku kombinácii vyššie uvedených látok, čo má za následok zosilňovanie škodlivého účinku jednotlivých látok. Ďalším problémom najmä posledných rokov sú pozostatky liečiv, baktérie a vírusy v odpadových vodách.

Zvláštnu pozornosť si v dnešnej dobe vyžadujú aj rádioaktívne látky vo vodách, ktorých účinky na organizmy sú veľmi nebezpečné a taktiež napr. rôzne rezíduá súvisiace s antropogénnymi vplyvmi, životnou úrovňou atď. – napr. antibiotiká, hormóny, pesticídy a perzistentné organické polutanty (Oppeltová, 2015).

Znečisťujúce látky možno rozdeliť na:

- kontaminanty – prítomnosť tejto látky v životnom prostredí nespôsobuje preukázané nebezpečenstvo. Prirodzene sa nevyskytuje a potenciálne môže mať nepriaznivý vplyv na organizmy a prirodzene sa vyskytujúce látky, ktoré sa jej pôsobením môžu stať toxickými.
- polutanty – látky s jasne preukázanými škodlivými účinkami.

Zdrojmi znečistenia môže byť:

- poľnohospodárstvo,
- doprava,
- ťažba,
- priemyselná výroba,
- skladovanie,
- služby,
- prirodzené zdroje.

Podľa priestorového charakteru môžeme zdroje znečistenia členiť na:

- bodové,
- líniové – napr. znečistenie vznikajúce pozdĺž ciest,
- plošné,
- difúzne – drobné rozptýlené bodové zdroje, ktoré môžu pochádzať z rôznej činnosti (Oppeltová, 2015).

Pri bodovom zdroji znečistenia je možné identifikovať jeho pôvodcu, resp. príčinu a určiť základné charakteristiky znečistenia, ako je napr. režim vypúšťania, množstvo a akosť vypúšťaných vôd v časových reláciách. Typickým príkladom je znečistenie z priemyslu (napr. z tovární a z prevádzok), skládky odpadov, priesaky z ČOV, vypúšťané odpadové vody (splaškové, priemyselné, komunálne, poľnohospodárske), netesné nádrže a kontaminované lokality, z ktorých sa znečistenie dostáva priamou cestou do recipientu. Bodové zdroje znečistenia sú často typické vyššou koncentráciou znečisťujúcej látky (v porovnaní s plošným

znečistením), ktorá však poväčšine zasahuje menšie plochy len v okolí zdroja znečistenia (neplatí to v prípade, ak sa látka dostane do riečnej siete) (Aydin, Antal, 2019).

Plošné zdroje znečistenia sú typické nižšou koncentráciou znečisťujúcej látky, ktorá však poväčšine zasahuje veľké plochy. Pôsobia trvalo alebo občas, ich veľkosť a vplyv na kvalitu vôd sú podmienené ešte celým radom spolupôsobiacich faktorov. Zdrojmi plošného znečistenia sú predovšetkým poľnohospodárstvo, skládky a odkaliská, splachy zo spevnených plôch, znečistené zrážkové vody. Na rozdiel od pomerne ľahko identifikovateľných, lokalizovateľných a merateľných bodových zdrojov znečistenia priemyselnej a komunálnej povahy sú plošné zdroje menej adresné, evidenčne náročnejšie a problematicky merateľné, a ich sumárny účinok je dosiaľ odhadovaný. Najdôležitejšie zložky plošného znečistenia predstavujú nerozpustné látky, živiny a toxické látky (Aydin, Antal, 2019).

Znečisťujúce vplyvy na toky môžeme rozdeliť na štyri základné procesy, a to:

- eutrofizácia,
- kontaminácia,
- saprobizácia,
- infekcia.

Pod pojmom trofia vôd, alebo všeobecnejšie ľubovoľného ekosystému, sa rozumie intenzita autotrofnej produkcie biomasy, teda primárna produkcia. Trofický stupeň sa môže počítať ako vyprodukované množstvo glukózy udávané v množstve asimilovaného uhlíka pre časovú alebo plošnú jednotku. Následne je eutrofizácia nárast primárnej produkcie ekosystému vplyvom prívodu anorganických výživných látok (pre rastliny) do vodného ekosystému bez ohľadu na to, či majú prirodzený alebo antropogénny pôvod.

Všeobecne sa pod saprobiou rozumie celková suma produkcie biomasy všetkých heterotrofných organizmov (všetkých živočíchov, ktoré sú pri výžive odkázané na „cudzí“ organický materiál) jedného toku. Vzhľadom na to sa potom pod saprobizáciou rozumie prínos, resp. zaťaženie toku s organickými látkami, ktoré môžu slúžiť pre výživu heterotrofných organizmov. Pre využitie týchto látok potrebujú organizmy dostatočné množstvo kyslíka.

Pod kontamináciou tečúcich vôd sa rozumie prísun anorganických a organických škodlivých látok, ktoré nemôžu byť odbúrateľné ani autotrofnými, ani heterotrofnými organizmami. Toto má za následok s pribúdajúcim časom akumuláciu týchto látok v organizmoch, resp. v ekosystéme. Výsledkom je škodlivé pôsobenie na jednotlivé organizmy, resp. celý ekosystém vplyvom zvýšených koncentrácií.

Substancie, ktoré spôsobujú kontamináciu sa vyskytujú v tokoch v širokej škále. Patria sem prakticky všetky formy biocídov (pesticídy, herbicídy,...), ťažké kovy, rôzne soli a v určitých oblastiach aj prirodzené či antropogénne rádioaktívne látky. Ďalej sú to látky organické či anorganické, ktoré sa v prírode nikdy prirodzene nevyskytovali a sú len produktom nových technológií.

Všeobecne sa pod infekciou rozumie prítomnosť mikroorganizmov (húb, vírusov, rias a pod.) v toku. Ich hrubé rozdelenie môže byť ako užitočné, tak aj škodlivé, teda patogénne. Ako užitočné rozumieme tie mikroorganizmy, ktoré sú nevyhnutné pre priebeh kolobehu látok v akvatických ekosystémoch. Sem teda patria autotrofní producenty a heterotrofní deštruenty. Ako škodlivé sú všetky mikroorganizmy, ktoré majú patogénne pôsobenie na človeka či na iné

organizmy vo vode. Najznámejšie sú mikroorganizmy spôsobujúce choroby, ako napr. mor, cholera, týfus a pod., ktoré dodnes spôsobujú rozsiahle epidémie v málo rozvinutých krajinách so slabým či chýbajúcim zásobovaním pitnou vodou.

Medzi choroboplodné baktérie patria:

- bacil dyzentérie *Shigella shigae*,
- bacil paratýfu *Salmonella paratyphi*,
- bacil brušného týfu *Salmonella typhi*,
- pôvodca cholery *Vibrio cholerae*.

Vírusové choroby sa môžu prenášať vodou. K vírusom, ktoré boli dokázané vo vode možno zaradiť:

- vírusy spôsobujúce zápal mozgových blán,
- *Serum hepatitis* spôsobujúci infekčnú žltáčku,
- *Icterus hepatitis* spôsobujúci žltáčku.

Charakteristické sú veľkou odolnosťou a môžu dlho zostať vo vode, pričom sú odolné aj proti vysokej koncentrácii chlóru.

Významné vodohospodárske problémy identifikované v roku 2007 pre potreby 1. Vodného plánu Slovenska boli v prevažnej miere odvodené od problémov, ktoré priamo alebo nepriamo ovplyvňovali stav povrchových a podzemných vôd. Boli definované nasledovné problémy:

- organické znečistenie povrchových vôd,
- znečistenie povrchových vôd živinami, riziko eutrofizácie,
- znečistenie povrchových vôd prioritnými látkami a chemickými látkami relevantnými pre Slovensko,
- hydromorfologické zmeny na vodných tokoch,
- zhoršený kvantitatívny stav podzemných vôd,
- znečistenie podzemných vôd,
- ochrana pred extrémnymi hydrologickými situáciami,
- horizontálne problémy.

V roku 2013 bola urobená aktualizácia uvedeného prehľadu významných vodohospodárskych problémov, ktorá bola súčasťou 2. Vodného plánu Slovenska, pričom boli špecifikované tieto problémy:

- organické znečistenie povrchových vôd,
- znečistenie povrchových vôd živinami,
- znečistenie povrchových vôd prioritnými látkami a chemickými látkami relevantnými pre SR,
- hydromorfologické zmeny,
- zmena kvality podzemných vôd,
- zmena kvantity podzemných vôd.

Medzi nepriaznivé vplyvy môžeme zaradiť aj invázne rastlinné a živočíšne druhy, ktoré svojou prítomnosťou, nižšími nárokmi na prostredie alebo rýchlosťou rozmnožovania sa spôsobujú pokles až zánik pôvodných rastlín a živočíchov v okolí ako aj v samotných vodných tokoch.

Taktiež nesmieme zabúdať na havarijné znečistenie vôd, napr. poškodenie hrádze odkaliska, nepovolené nadmerné vypúšťanie OV, dopravné nehody a s tým spojený únik ropných látok, poruchy výrobných chemických procesov, poruchy ČOV a pod.

1.7.1 Organické znečistenie

Vysoký obsah organického znečistenia vo vodách poškodzuje ich kvalitu, môže dochádzať k hnilobnému rozkladu, ktoré je sprevádzané úbytkom kyslíka. Medzi najvýznamnejšie ukazovatele znečistenia sú považované toxické látky (pôsobia zhubne na rastlinné a živočíšne organizmy), splodiny hnilobného rozkladu vody (metán, sírovodík a pod.), mikroorganizmy, baktérie, zárodky rôznych chorôb a pod.

Organické znečistenie je najčastejšie sa vyskytujúce sa znečistenie vypúšťané do povrchových vôd. Je to dôsledok kontaminácie vody organickými látkami pochádzajúcimi z prirodzených (napr. z erózie pôdy, rozkladných procesov odumretej fauny a flóry) a antropogénnych zdrojov (sídlné aglomerácie, priemysel, poľnohospodárstvo).

Znečistenie zisťujeme meraním parametrov kyslíkového režimu (obsah rozpusteného kyslíka, nasýtenie vody kyslíkom), pomocou biochemickej spotreby kyslíka za 5 alebo 20 dní, či chemickou spotrebou kyslíka dichrómanom draselným i manganistanom draselným.

1.7.2 Znečistenie živinami

Emisie živín sa dostávajú do povrchových vôd rôznymi cestami: z bodových zdrojov (sídlné aglomerácie, priemysel, poľnohospodárstvo) a z difúzných zdrojov (erózia a povrchový odtok, z podzemnej vody, atmosférickej depozície). Difúzne zdroje sú z časti prirodzeného pôvodu a z časti antropogénneho pôvodu. Živiny v povrchových vodách podliehajú širokej škále transformačných procesov. Niektoré transformačné procesy vyúsťujú do strát alebo trvalých, či čiastočne odbúrateľných akumulácií. Zvyšné živiny sú transportované tokom do tokov nižšieho rádu, prípadne až do mora. Najvýznamnejším dopadom vysokej záťaže živinami je eutrofizácia vôd. Tá je definovaná ako obohatenie vody živinami, predovšetkým dusíkom a/alebo fosforom, čo má za následok zvýšený rast rias a vyšších foriem rastlínstva. Tento stav spôsobuje neželateľné narušenie rovnováhy organizmov prítomných vo vode, zhoršenie kvality vody a stavu vodných útvarov.

Najčastejšie sledovanými ukazovateľmi sú celkový dusík a celkový fosfor.

1.7.3 Znečistenie prioritnými látkami a látkami relevantnými pre SR

Znečistenie vôd prioritnými látkami a látkami relevantnými pre SR môže vážne poškodiť riečnu ekológiu, tým ovplyvniť stav vôd a negatívne ovplyvniť zdravie ľudskej populácie. Medzi druhy nebezpečných látok patria: umelo vyrábané chemické látky, kovy, PAH, fenoly, endokrinné rozrušovače a pesticídy. Znižovanie emisií prioritných látok a látok relevantných pre SR je zložitá úloha, ktorá si vyžaduje na mieru zostavené postupy, nakoľko významnosť jednotlivých vstupných ciest vnosu do vôd je vysoko špecifická pre konkrétnu látku a všeobecne vykazuje vysokú časovú a priestorovú variabilitu.

Tieto látky majú za následok inhibíciu fyziologických procesov v organizmoch žijúcich vo vodách (akútna toxicita) alebo môžu vyvolať účinky ohrozujúce populáciu z dlhodobejšieho

hľadiska (chronická toxicita). Zoznam týchto látok je uvedený v prílohe 1 zákona 364/2004 Z. z. o vodách. Niektoré z nich sú rezistentné, pomaly rozložiteľné a akumulujú sa v ekosystéme.

Takéto látky bývajú emitované ako z bodových, tak aj z difúzných zdrojov. Patrí k nim znečistenie zo sídel emitované cez komunálne odpadové vody (farmaceutiká a hygienické prostriedky), z priemyslu, z urbanizovaných území (povrchový splach zo sídelných aglomerácií, znečistenie z atmosférickej depozície, odľahčenia zmiešaných kanalizácií, pesticídy zo zelene, biocídy zo stavebníctva), z poľnohospodárstva (aplikácia pesticídov, kontaminované kaly, atmosférická depozícia), prípadne staré záťaže, bane a vyplavovanie (resuspenzia) látok a ich transformačných produktov zo sedimentov do vôd.

1.7.4 Významné hydromorfologické zmeny

V dôsledku hydromorfologických zmien dochádza k prerušeniu kontinuity toku, zmeny morfologických podmienok, odrezanie priľahlých mokradí / záplavových území. Hydromorfologické zmeny môžu mať tiež vplyv na množstvo a kvalitu útvarov podzemných vôd a tiež môžu mať dopad na stav vodných útvarov a z toho dôvodu je ich potrebné riešiť. Mnohé z týchto vplyvov / dopadov sú spôsobené okrem iného opatreniami na ochranu pred povodňami, pre zabezpečenie lodnej dopravy a využitie hydroenergetického potenciálu.

Antropogénne vplyvy môžu významne zmeniť prirodzenú štruktúru povrchových vôd a substrát koryta rieky, ktoré sú významné pre poskytnutie vhodných habitatov a podmienok pre prirodzenú udržateľnosť vodnej populácie.

Pripojené mokrade / inundačné územia zohrávajú významnú úlohu poskytnutím retenčných priestorov počas povodňových udalostí, čo môže mať tiež pozitívny účinok na redukovanie živín v povrchovej vode. Vplyvy na mokrade sa pokladajú za významné a tam kde negatívne ovplyvňujú stav priľahlých vodných útvarov je ich potrebné riešiť.

Hydrologické zmeny ovplyvňujú stav vodných útvarov, okrem iného v dôsledku zmien (zvýšenia alebo zníženia) rýchlosti prúdenia a prietokového režimu alebo zmien v množstve a dynamiky prietoku riek. Nárazové zmeny (vzdutie vody, odber vody a špičkový odber) pri užívaní vôd sú hlavnými vplyvmi, ktoré si vyžadujú opatrenia.

Pre zistenie týchto vplyvov a nimi spôsobených zmien sú potrebné obhliadky terénu, merania prietokov, rýchlostí tečúcej vody, rozbor dnových sedimentov, plaveninového a splaveninového režimu a pod.

1.7.5 Znečistenie podzemných vôd

Podzemná voda sa okrem prednostného využívania pre zásobovanie pitnou vodou využíva i na iné účely, ako je priemysel, poľnohospodárstvo, kúpele a využitie geotermálnej energie. Kvantita podzemných vôd je ovplyvňovaná odbermi podzemnej vody pre tieto účely. Okrem toho suchozemské a súvisiace vodné ekosystémy závisia nielen od kvality podzemných vôd, ale aj od kvantity podzemných vôd. Z tohto dôvodu využívanie podzemných vôd musí byť primerane vyvážené a nemalo by byť prekračované využiteľné množstvo dostupných zdrojov podzemnej vody.

Medzi najčastejšie zdroje znečistenia patria poľnohospodárstvo, priemyselná výroba, doprava, banská činnosť a chýbajúca kanalizácia. Bodovým zdrojom znečistenia môže byť každý zdroj,

pri ktorom možno úniky znečisťujúcich látok do pôdy a podzemných vôd predpokladať, alebo pri ktorom boli úniky zistené. Plošné zdroje znečistenia tvoria aplikácia množstva prípravkov na ochranu rastlín a dusíkatých hnojív v rámci katastrálnych území SR.

Podzemné vody je možné kontaminovať vypúšťaním znečistenia priamo do podzemných vôd alebo infiltráciou cez pôdny profil. Podľa druhu znečisťujúcich látok najčastejšie hovoríme o znečistení dusíkatými látkami, pesticídnymi látkami, ostatnými chemickými látkami (sírany, chloridy, arzén, atrazín, trichlóretén, tetrachlóretén).

1.7.6 Samočistenie vôd

Samočistiaci proces je schopnosť rozkladať organické látky za účasti biocenóz vodných organizmov na jednoduchšie až minerálne, alebo ich iným spôsobom odstraňovať z vody (napr. zrážaním alebo usadzovaním). Na samočistiacom procese sa podieľajú fyzikálne sily (sedimentácia), chemické (redukcia) a biologické procesy.

Samočistiaca schopnosť vody je závislá na stupni oživenia vody baktériami, sinicami, riasami, vodnými rastlinami a živočíchmi (druhovú zloženie, počet i biomasa), prísune kyslíka, teploty vody, jej pohybu a ďalších faktoroch.

Najintenzívnejšie prebieha tento proces na povrchu telies, ponorených do vody, t. j. na povrchu kameňov, stebiel a listov vodných rastlín, koreňov pobrežných krov a stromov zostupujúcich do toku a na chumáčoch vláknitých rias.

Podľa definície v lexikóne životného prostredia je samočistenie v tokoch „schopnosť organizmov v toku odbúravať organické látky“. Podľa všeobecnej encyklopédie je pojem samočistenia chápaný zložitejšie:

- samočistenie je súbor prirodzených fyzikálnych, chemických a biologických pochodov, ktorými sa odstraňujú z vody znečisťujúce prímеси,
- fyzikálnym procesom je sedimentácia, chemickým pochodom je zrážanie a biologickým procesom činnosť vo vode žijúcich baktérií, rastlín a živočíchov,
- samočistenie prebieha v aeróbných podmienkach pri postupnej premene odpadových látok v telách baktérií, prvokov a vyšších organizmov,
- voda postupne získava priehľadnosť.

1.8 Kvalita vody

Kvalitou vody rozumieme súhrn jej fyzikálnych, chemických a biologických vlastností, pričom kvalita vody rozhoduje o jej ďalšom využívaní pre účely zásobovania obyvateľstva, závlah, chov rýb, rekreáciu a pod. Kvalita vody je ovplyvnená prírodnými aj antropogénnymi faktormi.

Kvalita vody v krajinách strednej Európy je vysoká, keďže sú tu najmä pramenné oblasti. Postupne cestou dochádza k zmene jej kvality prirodzene aj ľudskou činnosťou. Je potrebné zabezpečiť, aby zo strany človeka bol vplyv minimálny s dostatočnou ochranou zdrojov. Z toho dôvodu je venovaná ochrane vodných zdrojov pozornosť aj na legislatívnej úrovni.

Ochrana vôd, ako základnej súčasti životného prostredia, je významným článkom environmentálnej politiky Európskej únie (Jurík, Paľšová, 2012). V celej Európe sa krajiny zapájajú do rastúceho počtu mnohostranných a dvojstranných dohôd o regulácii používania

a ochrany vôd presahujúcich hranice štátov. Patria sem všetky povrchové alebo podzemné vody, ktoré križujú alebo sa nachádzajú na hraniciach medzi dvoma alebo viacerými štátmi (Kuzniar, Kowalczyk, Kostuch, 2014).

Kvalitu vody alebo toku môžeme vyhodnocovať z najrozličnejších záujmov potreby:

- saprobické hodnotenie na základe kolobehu látok (ich rozkladu),
- trofické hodnotenie na základe obsahu výživných látok,
- toxické hodnotenie na základe obsahu jedovatých látok,
- termické hodnotenie na základe priebehu zmien teploty vody,
- ekomorfologické hodnotenie na základe štruktúry toku,
- hydrologické hodnotenie na základe množstva a koncentrácie pretekajúcich látok,
- pre podmienky rýb z hľadiska požiadaviek jednotlivých druhov a skupín rýb,
- pre pitnú vodu z hľadiska využitia ako zdroja pre zásobovanie pitnou vodou,
- pre závlahovú vodu detto, ale pre závlahy poľných plodín,
- pre možnosť kúpania z hľadiska obsahu škodlivých a alergických látok a mnoho ďalších.

Základom smernice 2000/60/ES (Rámcová smernica o vode) je komplexný prístup ku ochrane všetkých typov vôd – povrchových, podzemných, vnútrozemských a morských, a tiež mokradových ekosystémov. Konečným cieľom tejto smernice je eliminácia obzvlášť škodlivých látok a dosiahnutie takých koncentrácií látok v morskom prostredí, ktoré sa približujú hodnotám ich prirodzeného výskytu (Jurík, Palšová, 2012).

Smernica v prílohe obsahuje normatívne definície klasifikácií ekologického stavu jednotlivých typov vôd pre veľmi dobrý, dobrý a priemerný stav. Postupne obsahuje parametre a popis pre hodnotenie biologických prvkov, hydromorfologických prvkov a fyzikálno-chemických kvalitatívnych prvkov kvality. Tieto normatívne definície neobsahujú presné hodnoty parametrov, ale len slovný popis. RSV bola do slovenskej legislatívy implementovaná do zákona 364/2004 Z. z. o vodách a NV SR 269/2010 Z. z., ktorou sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd. NV SR v prílohe obsahuje konkrétne limity jednotlivých prvkov pre triedy kvality vody podľa typov vodných útvarov.

Na základe RSV boli na Slovensku povrchové vody rozdelené do typov vodných útvarov podľa RSV. Celkovo bolo v SR identifikovaných 22 typov útvarov povrchových vôd na tokoch s plochou povodia nad 10 km². Jednotlivé typy boli vymedzené na základe abiotických deskriptorov definovaných podľa systému A RSV (Vodný plán SR). Na základe toho sa následne samostatne hodnotí:

- výsledný dobrý ekologický stav povrchových vôd,
- výsledný dobrý chemický stav povrchových vôd,
- a ich sumarizáciou celkový dobrý stav povrchových vôd.

Ekologický stav povrchových vôd sa hodnotí

- biologickými prvkami kvality, ktorými sú najmä zloženie a početnosť vodnej flóry – fytoplanktónu, fytoentosu a makrofytov, zloženie a početnosť fauny bentických bezstavovcov a zloženie, početnosť a veková štruktúra fauny rýb,

- hydromorfologickými prvkami kvality podporujúcimi biologické prvky, ktorými sú najmä hydrologický režim, veľkosť a dynamika prietoku, interakcia s útvarmi povrchovej vody a útvarmi podzemnej vody, priechodnosť riek a morfológické podmienky, medzi ktoré patria premenlivosť hĺbky a šírky koryta rieky, štruktúra a substrát koryta rieky a štruktúra príbrežného pásma,
- fyzikálno-chemickými prvkami kvality podporujúcimi biologické prvky, ktorými sú najmä teplotný režim, kyslíkový režim, celková mineralizácia, neutralizačná kapacita a nutrienty,
- chemickými prvkami kvality, ktorými sú syntetické a nesyntetické špecifické znečisťujúce látky relevantné pre Slovensko.

Pre biologické prvky boli určené hodnotiace oblasti:

- zloženie a početnosť vodnej flóry,
- zloženie a početnosť fauny bentických bezstavovcov,
- zloženie, početnosť a veková štruktúra rybej fauny.

Hodnotenie kvality povrchovej vody zahŕňa najmä (Vyhláška č. 418/2010 Z. z.):

- časové zmeny vybraných ukazovateľov,
- účelové grafické spracovanie alebo štatistické spracovanie údajov z monitorovania,
- identifikácie trendov zmien kvality povrchovej vody,
- identifikácie zmien kvality vody v zmiešavacích zónach a konca zmiešavacích zón,
- hodnotenie dlhodobých zmien prírodných podmienok a zmien spôsobených ľudskou činnosťou,
- hodnotenie vplyvov pôsobiacich na kvalitu povrchových vôd,
- hodnotenie vo vzťahu k užívaniu vôd.

Hydromorfologické prvky dopĺňujú hodnotenie životných podmienok vodných organizmov a miesta, kde získavajú potravu. Sú to podmienky hydrologického režimu ako veľkosť a dynamika toku vody, spojenie s útvarmi podzemnej vody a samozrejme priechodnosť riek.

Morfologické podmienky už hodnotia konkrétne miesto, lokalitu pre život a výskyt vodných organizmov – rastlín aj živočíchov. Konkrétne miesto v toku alebo v nádrži charakterizujú najmä premenlivosť hĺbky a šírky koryta rieky, štruktúra a substrát koryta rieky, štruktúra príbrežného pásma. Morfológické podmienky určujú najmä prísun energie a organickej hmoty z okolia toku a substrát podmienky pre úkryt organizmov pred ich konzumentmi.

Chemické a fyzikálno-chemické prvky sú premenlivé prvky meniace sa s ročnými obdobiami, prechodom toku cez urbanizované územia alebo poľnohospodárske produkčné plochy. Ich vplyv je často len krátkodobý, ale môže byť intenzívnejší. Výsledný stav organizmov vo vode je súvisiaci s najhoršou chemickou alebo fyzikálnou kvalitou, ktorá odstráni citlivejšie organizmy.

Súbor fyzikálno-chemických prvkov podporujúcich biologické prvky kvality je rozdelený na základný a doplnkový. Základný súbor je sledovaný vo všetkých monitorovacích miestach, doplnkový súbor ukazovateľov sa volí na základe informácií o vplyvoch, ktorým je daný vodný útvar vystavený (Rámcový program monitorovania stavu vôd na roky 2010 – 2015, 2009).

Základný súbor tvoria teplota vody, rozpustený kyslík, BSK₅, ChSK_{Cr}, merná vodivosť pri 20 °C, pH, KNK_{4,5}, celkový fosfor, celkový dusík, ortofosforečnany, N-NO₃, N-NH₄ (Rámcový program...).

Hodnotenie stavu povrchových vôd je výslednou hodnotou všetkých troch hodnotiacich oblastí. V minulosti bol väčší dôraz na fyzikálno-chemické hodnotenie, dnes je väčší dôraz na hodnotenie povrchových vôd na základe organizmov vo vodnom prostredí. Na základe stavu organizmov vo vodnom toku sa následne ekologický stav útvarov povrchovej vody člení na:

- veľmi dobrý ekologický stav,
- dobrý ekologický stav,
- priemerný ekologický stav,
- zlý ekologický stav,
- veľmi zlý ekologický stav.

Limity pre hodnotenie vodného útvaru do veľmi dobrého, dobrého a priemerného ekologického stavu sú spracované v prehľadných tabuľkách, ktoré sa nachádzajú v prílohe NV SR 269/2010 Z. z.

Kvalita povrchovej vody je v súlade s požiadavkami uvedenými v prílohe NV SR, ak hodnota vypočítaná z údajov nameraných počas roka je nižšia alebo rovná hodnote pre príslušný ukazovateľ kvality vody.

Dobrý ekologický stav je dosiahnutý, ak sú všetky prvky kvality aspoň v druhej triede ekologického stavu. Dobrý chemický stav sa určuje podľa zistených koncentrácií znečisťujúcich látok, ktoré nepresahujú environmentálne normy kvality. Chemický stav môže byť:

- dobrý,
- zlý.

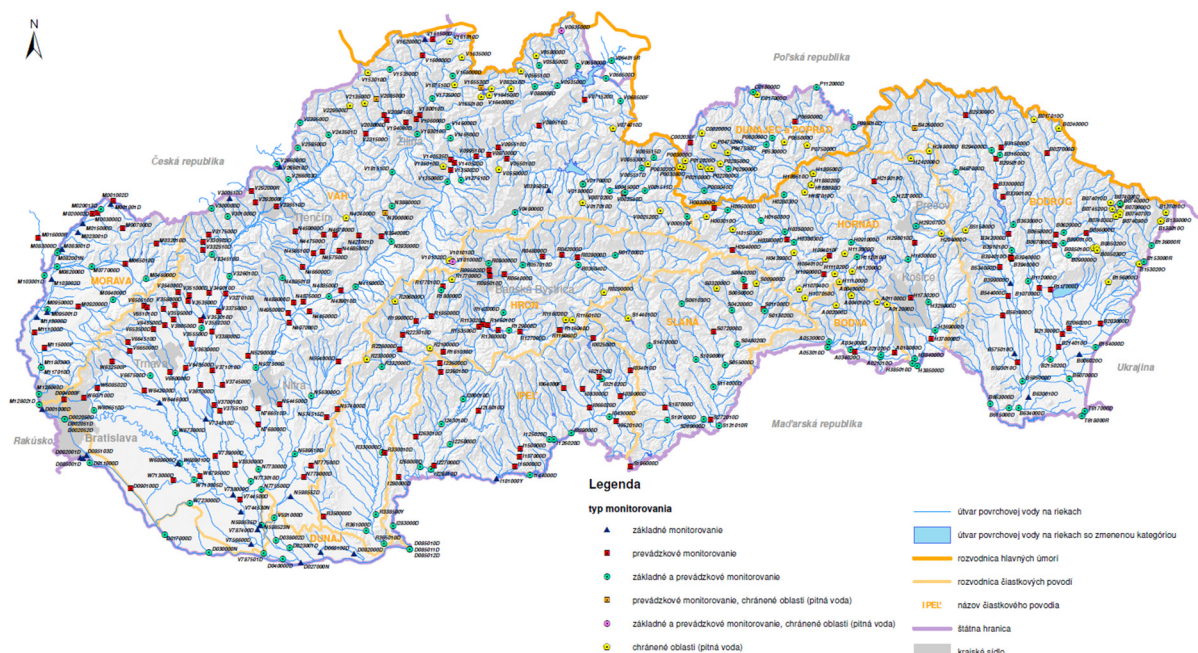
Fyzikálno-chemické prvky sa hodnotia na základe charakteristickej hodnoty 90 percentilu, t. j. koncentrácie zodpovedajúcej percentám neprekročenia koncentrácie jednotlivých ukazovateľov kvality, pre rozpustený kyslík prekročenia. Ak výsledná trieda potvrdí ukazovateľ ako podporný prvok, na zatriedenie sa použije 90 percentil a hodnotenie najhoršieho ukazovateľa. Ak sa potvrdí, že výsledná trieda za fyzikálno-chemické prvky je najhoršia zo všetkých hodnotených prvkov kvality, je potrebné zachovať funkciu fyzikálno-chemického ukazovateľa ako podporného prvku a na hodnotenie sa použije nižší percentil 75 alebo až 50.

Pre zatriedenie vodného útvaru do tried ekologického stavu sú útvary hodnotené podľa jednotlivých ukazovateľov, ktorých limity sú stanovené pre jednotlivé typy vodných útvarov. Pri určení celkového ekologického stavu sa použije pravidlo „najhoršia hodnota zatriedí“, ale až po ukončení overovacej procedúry pre fyzikálno-chemické prvky kvality.

Smernica taktiež obsahuje frekvenciu monitorovania jednotlivých parametrov. Sú v nej uvedené frekvencie, v ktorých by sa mali jednotlivé skupiny prvkov monitorovať. Členské štáty určili frekvenciu monitorovania každého ukazovateľa tak, aby monitorovanie poskytlo dostatočné údaje pre spoľahlivé vyhodnotenie stavu príslušného kvalitatívneho prvku. Monitorovanie by sa malo spravidla uskutočňovať v intervaloch, ktoré nie sú väčšie ako intervaly uvedené v tejto smernici. Pre biologické prvky 6 mesiacov až 3 roky,

hydromorfologické prvky priebežne až 6 rokov, fyzikálno-chemické prvky 3 mesiace (prioritné látky 1 mesiac).

Frekvencia monitorovania sa zvolí tak, aby zohľadňovala premenlivosť ukazovateľov vyplývajúcu tak z prírodných ako aj antropogénnych podmienok. Obdobie monitorovania sa vyberie tak, aby sa minimalizoval dopad sezónnych zmien na výsledky, a tým sa zabezpečilo, že výsledky budú odrážať zmeny vo vodnom útvere spôsobené zmenami antropogénnych vplyvov. Sieť monitorovacích miest sa v pravidelných intervaloch prehodnocuje (Obr. 1.12).



Obr. 1.12 Sieť monitorovacích staníc kvality povrchovej vody v roku 2019 (SHMÚ)

Spomínané NV SR 269/2010 Z. z. okrem parametrov a limitov pre hodnotenie stavu povrchových vôd uvádza aj kvalitatívne parametre pre povrchovej vody určenej na odber pre pitnú vodu, pre hodnotenie povrchových vôd využívaných na závlahy alebo chov a reprodukciu pôvodných druhov rýb.

1.9 Opatrenia na reguláciu vody v krajine

Hydromeliorácie sú súbor opatrení, stavieb a zariadení, ktoré sa vykonávajú na pôde a v krajine s cieľom úpravy vodných pomerov v pôde a jej ochrany pred vodnou eróziou v záujme stabilizácie produkčnej schopnosti pôdy a vytvorenia podmienok udržateľného rozvoja krajiny pri dodržaní zásad ochrany životného prostredia (Tab. 1.10).

Hydromelioračnými stavbami (poľnohospodárske meliorácie) sú:

1. odvodňovacie stavby, ktorými je súbor navzájom prepojených stavebných objektov a odvodňovacích prvkov tvoriacich účelový celok a slúžiacich na odvodnenie pôd, z ktorých sa odvádzajú podzemné alebo povrchové vody do recipienta, alebo ktoré zabezpečujú účelnú akumuláciu týchto povrchových vôd,
2. závlahové stavby, ktorými je súbor technicky a technologicky prepojených stavebných objektov a zariadení, ktoré zabezpečujú dopravu vody od odberného miesta zdroja závlahovej vody k zavlažovanej pôde a distribúciu závlahovej vody na zavlažovanej

pôde na hydranty, ako miesta možného napojenia na odber pre závlahový detail, nezávisle od vlastníctva (užívania) tohto pozemku, jeho príslušnosti do katastra a povodia; súčasťou závlahovej stavby sú aj poľné cesty a ďalšie objekty, ktoré slúžia prevádzke závlah,

3. stavby malých vodných nádrží, ktoré zabezpečujú zásoby vody pre využitie vôd v krajine zachytenej v období je prebytku pre obdobia jej potreby a spotreby. Môžu mať aj multifunkčné využitie ako napr. pre chov rýb alebo rekreáciu,
4. úpravy malých tokov v poľnohospodárskej krajine, zaisťujúce ochranu územia pred povodňami, ochranu pred ich ohrozením pri zvýšených prietokoch a výstavbu objektov na uvedených tokoch,
5. stavby pre ochranu pôdy a krajiny pred vodnou eróziou, ktoré majú technický charakter (Halaj et al., 2020).

Tab. 1.10 Štruktúra hlavných melioračných zariadení v správe Hydromeliorácie, š. p. k 31.12.2020

Hlavné závlahové zariadenia	
závlahové čerpace stanice	485 ks
závlahové rúrové siete	9 548 km
závlahové privádzače	277 km
závlahové vodné nádrže	2 ks (46 ha)
štrkoviská	3 ks (74 ha)
prístupové cesty	178 km
Hlavné odvodňovacie zariadenia	
odvodňovacie čerpace stanice	24 ks
odvodňovacie kanály	5 851 km
úpravy tokov	16 km

Základná terminológia spojená s hydromelioráciami a hydromelioračnými opatreniami je:

- meliorácie (súborné) – súbor melioračných vzájomne sa dopĺňujúcich opatrení, zlepšujúcich dlhodobu vhodnosť územia pre jeho rôzne využitie, zahŕňa opatrenia vodohospodárske (hydromeliorácie), technické, biologické a agrotechnické,
- hydromeliorácie (vodohospodárske meliorácie) – súbor opatrení, činností, stavieb a zariadení, zaisťujúcich zlepšenie prírodných podmienok využívania pôdy úpravou vodných pomerov v pôde (technické spôsoby odvodnenia, závlah, protieróznej ochrany pôdy),
- hydromelioračná sústava – súbor hydromelioračných diel, spojených vzájomnými väzbami v účelový celok,
- hydromelioračné dielo – vodohospodárske dielo, tvorené uzatvoreným súborom vzájomne sa dopĺňujúcich hydromelioračných stavieb a opatrení, vytvárajúci samostatný prevádzkový celok,
- hlavné melioračné zariadenia – súborný názov hydromelioračných zariadení, ktoré tvoria kostru na dodávku vody (závlahy), resp. odvádzanie vôd z územia (starší názov melioračná kostra), administratívne ide o hlavné závlahové zariadenia, hlavné odvodňovacie zariadenia, malé vodné nádrže a úpravy tokov,

- hlavné závlahové zariadenia – súborný názov vodohospodárskych a technických zariadení, ktoré zabezpečujú zdroj závlahovej vody (závlahová nádrž), odber vody (odberný objekt), prívod a rozvod vody (čerpacia stanica, rozvodná rúrová sieť),
- voda na zavlažovanie – voda odpovedajúcej kvality a vlastností, používaná pre poľnohospodárske a lesnícke závlahy, voda odoberaná z vodného zdroja na zavlažovanie,
- závlahová voda – voda na hydrante v požadovanom množstve, kvalite a tlaku,
- výmera pod závlahou – územie s kapacitou celkovej zavlažiteľnosti pozemkov z vybudovanej závlahovej siete,
- zavlažiteľná výmera – územie kontrahované v nájomnej zmluve, ktoré obhospodaruje užívateľ závlahy, a na ktorom je technicky možná aplikácia zavlažovania,
- zavlažovaná výmera (zavlažená výmera) – územie, ktoré je aktuálne zavlažované v konkrétnom časovom úseku (napr. sezóna),
- závlahová nádrž – malá vodná nádrž, ktorej hlavným účelom je vytvorenie zásob vody v dobe ich nadbytku pre závlahy pre obdobie ich nedostatku,
- závlahová sieť – hydromelioračná sieť, zaisťujúca prívod vody od vodného zdroja k závlahovej ploche a jej rozvod po tejto ploche (čerpacia stanica, rozvodná rúrová sieť, závlahový detail),
- privádzač závlahovej vody (závlahový privádzač) – zariadenie, slúžiace k privádzaniu vody od vodného zdroja k zavlažovanému územiu (otvorený a krytý),
- rozvodná rúrová sieť – časť závlahovej siete, určená k rozvádzaniu vody k zavlažovaným pozemkom a závlahovému detailu,
- závlahová čerpacia stanica – objekt, vybavený zariadeniami pre čerpanie vody do závlahovej siete,
- podrobné melioračné zariadenia (melioračný detail) – súbor melioračných zariadení, zabezpečujúcich rozdelenie, resp. zachytenie a odvádzanie vody z meliorovaného pozemku,
- podrobné závlahové zariadenia (závlahový detail) – súbor závlahových zariadení a strojov, zabezpečujúcich rozdelenie závlahovej vody na zavlažovanom pozemku,
- hlavné odvodňovacie zariadenia – súborný názov vodohospodárskych zariadení, ktoré zabezpečujú odvádzanie vôd z meliorovaného územia (starší názov odvodňovacia kostra),
- odvodňovací kanál – otvorený alebo krytý umelý tok, odvádzajúci vodu z odvodňovaného územia do vodného recipientu,
- odvodňovacia čerpacia stanica – objekt, vybavený zariadením pre prečerpávanie vody do vodného recipienta,
- podrobné odvodňovacie zariadenia (odvodňovací detail) – zariadenia na zachytenie nadbytočných povrchových a podzemných vôd a ich odvedenie do odvodňovacieho kanála (vodného recipienta) z odvodňovaného pozemku (podpovrchové odvodnenie – drenáž, povrchové odvodnenie – priekopy),
- vodný útvar – trvalé alebo dočasné sústredenie vody na zemskom povrchu alebo pod jeho povrchom, ktoré je charakterizované typickými formami výskytu a znakmi hydrologického územia,

- povrchové vody – vody prirodzene sa vyskytujúce na zemskom povrchu, ktorými sú vodné toky, občasne tečúce nesústredené vody, stojaté povrchové sústredenia vody, tzv. vnútorné vody,
- podzemné vody – vody nachádzajúce sa pod povrchom zeme v pásme nasýtenia a v bezprostrednom kontakte s pôdou alebo s pôdnym podložím ako aj vody po ich odkrytí banskou činnosťou (napr. štrkoviská),
- drenážne vody – voda zachytená a odvádzaná odvodňovacím zariadením do vodného recipientu,
- vodný tok – vodný útvar trvalo alebo dočasne tečúcich povrchových vôd po zemskom povrchu v prirodzenom koryte, alebo v umelom koryte, ktorý je napájaný z vlastného povodia alebo z iného vodného útvaru,
- prirodzený vodný tok – vodný tok, ktorého koryto vzniklo pôsobením tečúcej vody a ďalších prírodných faktorov,
- umelý vodný tok – vodný tok, ktorého koryto bolo vytvorené umelo (napr. odvodňovací kanál),
- upravený tok – vodný tok, ktorého prírodný charakter je podstatne zmenený technickými zásahmi v koryte, alebo jeho ohradzovaním.

2 Závlahy

V mnohých oblastiach sveta sa zavlažovanie používa v poľnohospodárstve na dosiahnutie lepších výnosov a na stabilizáciu úrod. Poľnohospodárstvo je často možné len pomocou zavlažovania, najmä v suchých oblastiach (suché podnebie). Prírodné zrážky tam umožňujú iba malú úrodu a obmedzujú výber plodín. Umelé zavlažovanie je potrebné na uspokojenie potravinových potrieb v husto osídlených oblastiach sveta, čo znamená, že sa každý rok uskutoční niekoľko úrod. S rastúcim globálnym otepľovaním a zvyšujúcim sa počtom obyvateľov na svete je čoraz dôležitejšie udržateľné využívanie vodných zdrojov na zabezpečenie výroby potravín a pitnej vody. Je preto dôležité pochopiť, ako zavlažovací systém funguje, ktoré prvky a interakcie určujú, koľko vody je v systéme k dispozícii kedy a kde, a ako je možné závlahy najlepšie riadiť.

V miernych zemepisných šírkach sú zrážky priemerne rozložené po celý rok. Dodatočné zavlažovanie slúži na zvýšenie a stabilizáciu úrody a je nevyhnutné najmä v prípade dlhotrvajúceho sucha a na ľahkých pôdach (piesočnaté pôdy, hlinitopiesočnaté pôdy). Kultúry, ktoré sa oplatí zavlažovať, sú zemiaky, kvalitná pšenica, jačmeň, cukrová repa a kukurica, ako aj ovocie a zelenina (špargľa, uhorka, rajčiny, kapusta atď.). Zlepšenie kvality vypestovaných plodín, napríklad obsah škrobu v konzumných zemiakoch alebo nižší obsah bielkovín v prípade sladovníckeho jačmeňa tvoria pozitívne vedľajšie účinky zavlažovania. Na farmách zavlažovanie zvyšuje predovšetkým bezpečnosť zabezpečenia úrody. V priemere je však dodatočná potreba vody v poľnohospodárstve v miernom podnebí porovnateľne nízka. V Európe má poľnohospodársky sektor dopyt po vode okolo 35 %. Tu sú významné regionálne rozdiely medzi severom a juhom.

Základom pre zavlažovanie sú prírodné vodné zdroje. Povrchová alebo podzemná voda sa privádza na miesto, kde sa má využívať pomocou technickej infraštruktúry ako závlahové kanály, čerpacie stanice, potrubné siete, aby sa dostala na polia pre podporu potreby vody na poľnohospodárskej pôde.

Koľko vody sa distribuuje, kedy a kde v systéme je regulované riadiacimi organizáciami. O tom, čo sa pestuje na poliach, rozhodujú poľnohospodári. Ich možnosti určuje ich prostredie, pretože vzťahy medzi poľnohospodármi (sociálne siete), trhmi a vodným hospodárstvom tvoria rámec, v ktorom rozhodujú o technikách pestovania a zavlažovania. Existujú inžinierske diela obrovských priehrad a závlahových rúrových sietí, ktoré zásobujú poľnohospodárov celých regiónov vodou, ale existujú aj malé zavlažovacie systémy v decentralizovanej samospráve. Zásobovanie vodou pre poľnohospodárstvo môže byť štátne alebo súkromné.

Závlahový systém tiež podlieha vonkajším vplyvom, predovšetkým v dôsledku vývoja podnebia (a počasia) a trhových podmienok. Cieľovými zásahmi do systému sa možno pokúsiť dosiahnuť udržateľnejšie hospodárenie s vodnými zdrojmi, zabrániť degradácii pôdy, vody a infraštruktúry a zmierniť konflikty okolo vody. Technické opatrenia sú zamerané na zlepšenie infraštruktúry na akumuláciu vody, jej distribúciu k užívateľom a na poliach. To môže znížiť zbytočné straty vody pri distribúcii a spotrebe.

Závlahy sú melioračné opatrenie, ktorým sa uskutočňuje zavlaženie pôdy, porastu alebo prízemnej vrstvy vzduchu, aby bol dosiahnutý optimálny stav porastu alebo vysokých a stálych výnosov v rastlinnej výrobe. Stavbou pre zavlažovanie rozumieme súbor technických zariadení

– stavebných, strojných a elektrotechnických, ktoré boli vybudované za účelom dopravy závlahovej vody z vodného zdroja po hydrant na zavlažovanom poli v požadovanom množstve a s požadovaným prevádzkovým tlakom. Niektoré závlahové stavby, tak ako sú evidované (z hľadiska ekonomického), nie sú samostatne schopné plniť túto funkciu, preto ich navzájom spájame do tzv. technicko-prevádzkových celkov hlavných závlahových zariadení, čím takúto schopnosť získavajú.

Výber vhodného druhu závlahy robíme:

- z hľadiska rastliny – závlaha nesmie poškodzovať rastlinu, voda sa musí po celej ploche rozvádzať rovnomerne, v súlade s fenologickými fázami a biologickou potrebou rastlín,
- z hľadiska technického riešenia – zohľadňuje sa členitosť územia, komplexné posúdenie realizačných a prevádzkových nákladov – efektívnosť budovania závlahy, mechanizácia a automatizácia prevádzky, spotreba vody a pod.

Závlahy podľa účelu delíme na:

- doplnkové – aplikujú sa v čase, kedy aktuálna zásoba vody nie je pre rastliny postačujúca,
- hnojivé – okrem vody dodáva rastlinám aj živiny, pričom sa používajú riečne vody, hnojivé roztoky ako hnojovica, močovka a pod.,
- špeciálne – okrem doplnkovej závlahy plní ešte ďalšiu funkciu; poznáme:
 - otepľovacia – zlepšuje teplotný stav pôdy, čím podporuje mikrobiálne a chemické procesy v pôde; aplikujú sa na jar alebo v jeseni,
 - ozdravovacia alebo dezinfekčná závlaha – používa sa v období sucha ako ochrana proti škodcom a chorobám rastlín; dostatok vlhky zvyšuje odolnosť rastlín pred napadnutím škodcami; na likvidáciu plesní, sneti a pod. v ovocných sadoch a viniciach sa aplikuje postrek dezinfekčnými roztokmi,
 - premývací závlaha – používa sa na vyplavenie solí zo zasolenej pôdy,
 - očistná závlaha – používa sa na vyplavenie škodlivých látok z kontaminovanej pôdy,
 - protimrazová závlaha – uplatňuje sa postrek v jarom období; závlahová voda obaľujúca rastliny zamrzá, čím sa uvoľňuje skupenské teplo, ktoré udržiava teplotu rastlinných orgánov na hodnote okolo 0 °C aj pri ďalšom znižovaní teploty okolitého vzduchu,
 - klimatizačná závlaha – upravuje mikroklima, teda vlhkosť a teplotu vzduchu v prízemnej vrstve nad zavlažovanými plochami; môžeme ju robiť formou prerušovanej závlahy, umelej hmly, disperznej, impulzívnej alebo synchronnej impulzívnej závlahy.

Podľa technického riešenia rozoznávame bodovú, kvapkovú, drenážnu, gravitačnú a závlahu postrekom. Podľa konštrukcie, resp. spôsobu dodávania vody do pôdy poznáme závlahu výtopou, podmokom, preronom, postrekom a podzemnú závlahu. Podľa prevádzkového tlaku v potrubí sú závlahy nízkotlakové (0,1 až 4 MPa), strednotlakové (4 – 8 MPa) a vysokotlakové (8 až 12 MPa).

Doplnková závlaha musí byť úsporná a musí prebiehať šetrným spôsobom, bez poškodenia vegetačného pôdneho profilu zamokrením, zasolením alebo iným spôsobom. Zavlažuje sa

jednorázovo alebo opakovane podľa skutočnej vlhovej potreby. Veľkosť doplnkovej závlahy závisí na vlhkovom nedostatku a príčinách vyvolaných nedostatočným alebo nevhodným rozdelením zrážok, teplotou vzduchu, vlhkosťou vzduchu, rýchlosťou a povahou vetra, nepriaznivými sklonitostnými pomermi, nepriaznivými pôdnymi, hydrologickými pomermi a pod.

Hnojivá závlaha sa robí najmä na jar a v jeseni, ale aj počas vegetačného obdobia, napr. pri závlahe odpadovými vodami. Množstvo, časové rozdelenie a spôsob závlahy vychádza zo zloženia závlahovej vody a jej hnojivej hodnoty. Odpadové vody je možné použiť len v prípade, že neobsahujú prímеси škodlivé pre rastliny, pôdu a škodlivé mikroorganizmy.

Protimrazová závlaha sa začína aplikovať vo chvíli, keď sa teplota vzduchu blíži k nule. Na začiatku poklesu teplôt, keď teplota vzduchu ešte nedosiahne bod mrazu, sa postrekom spomalí ochladzovanie pôdy a povrchu rastlín a súčasne so zvýšenou vlhkosťou vzduchu sa zníži radiácia. Pri ďalšom znížení teploty pod bod mrazu sa postrekom vytvára na povrchu rastlín vlhký ľadový kryt. Obvyklý spôsob ochrany proti mrazu je postrek ponad koruny stromov, ktorý musí spĺňať:

- plné pokrytie chránenej plochy postrekom,
- dodržanie intenzity postreku v rozmedzí 2,5 – 3 mm.h⁻¹, pričom s vyšším poklesom teplôt je potreba vyššej intenzity postreku,
- pri použití kruhových otočných úderových postrekovačov (príp. mikropostrekovačov) musí byť doba jednej otočky kratšia ako 1,5 minúty a počet úderov ramena 2 – 3 za sekundu,
- postrek musí byť nepretržitý počas celej doby trvania mrazu do chvíle, keď sa postrekom rozpustí ľadový kryt alebo stúpne teplota okolia.

V súčasnosti sa viac používajú protimrazové závlahy s úzkym lúčom postreku, nie kruhový postrek, čím sa plne chránia pestované stromy a kríky a zároveň sa minimalizuje spotreba vody. Zjednodušuje to aj dimenzovanie prírodných potrubí.

2.1 Zdroje vody pre závlahy

Hydrologické podklady pre posúdenie odberu sú prietok a jeho premenlivosť, celkové odtokové množstvo a jeho premenlivosť, poloha zdroja voči územiu, možnosť vybudovania akumulčných priestorov, kvalita vody, potrebný prítok počas zavlažovania, potrebné množstvo závlahovej vody.

Zdroje vody pre závlahy sú:

- povrchové vody – vodné toky, jazerá, vodné nádrže, rybníky; nevýhody – nerovnomerná vodnatosť, nedostatok vody počas VO, ich výhodou je stabilný objem a kvalita vody,
- podzemné vody – využívajú sa najmä v oblastiach, kde je nedostatok povrchovej vody,
- odpadové vody – vody zo sídlisk, fariem živočíšnej výroby, potravinárskeho priemyslu; použitie je spojené s ich predúpravou (predčistením); aplikácia sa musí posúdiť z hygienického hľadiska, pestovanej plodiny.

Výdatnosť povrchového vodného zdroja je posudzovaná na základe priemerných denných, mesačných, ročných, minimálnych a maximálnych prietokov. Väčšinou je potrebné budovať vyrovnávaciu a zásobnú vodnú nádrž. Vodná nádrž zabezpečuje odber vody alebo nadlepšenie prietoku pod nádržou. Na krátkodobé vyrovnávanie nerovnomernosti medzi prítokom a odberom sú navrhované vyrovnávacie nádrže s riadenou prevádzkou.

Fyzikálne, chemické a biologické vlastnosti podzemných vôd umožňuje ich takmer neobmedzené využitie pre závlahy. Ich nevýhodou je vyšší obsah CO_2 alebo nízka teplota vody. Je potrebné poznať veľkosť zásob podzemnej vody, určenie využiteľného množstva, ktoré sa stanoví buď priamym meraním alebo nepriamymi metódami.

Odber závlahovej vody sa robí na základe:

- výdatnosti zdroja,
- kvality vody – určuje sa na základe prílohy č. 2 časti B Nariadenia vlády SR 269/2010 Z. z.,
- spôsobu odberu – gravitačne alebo čerpadlami z voľnej alebo zdutej hladiny, príp. kombinovane,
- možnosti akumulácie,
- možnosti plynulého odberu,
- prístupnosti,
- povolenia príslušným štátnym orgánom.

2.2 Potreba závlahovej vody

Potreba závlahovej vody je daná potrebou vody pestovaných plodín pre zabezpečenie ich fyziologickej potreby a množstvom vody, ktoré sa vyparí z pôdy, na ktorej sa rastliny pestujú.

Bilanciu potreby závlahovej vody robíme na základe vyjadrenia zmeny zásoby pôdnej vlahy v pôdnom profile v príslušnom časovom intervale na základe hydrologickej bilancie územia ako celku a aktívneho pôdneho profilu.

Potrebu závlahovej vody charakterizuje:

- závlahové množstvo v priemernom a v smerodajnom suchom roku v $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$,
- celková potreba závlahovej vody v m^3 – je rovná súčtu súčinov závlahových množstiev a výmery, na ktorej sa pestujú príslušné plodiny,
- časové rozdelenie závlahového množstva na závlahové dávky v mm alebo v $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$,
- závlahová dávka v $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$,
- špecifické dávkové množstvo v $\text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ – projektová charakteristika, vstupná hodnota pre výpočet špecifického závlahového prítoku a môže byť použitá na dimenzovanie koncových vetiev stabilného rúrového rozvodu,
- dávkový prítok v $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ – súčin špecifického dávkového prítoku a zavlažovanej plochy,
- špecifický dávkový prítok v $\text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ – množstvo vody potrebné na pokrytie ET plodiny s najvyššími nárokmi na vlahu v bezzrážkovom období, a to v mesiaci s najväčšou ET;

používa sa pri dimenzovaní koncových častí závlahovej siete, t. j. rozvodnej siete a závlahového detailu,

- špecifický závlahový prítok v $\text{l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ – projektová charakteristika využívaná pri návrhu kapacity odberného objektu, hlavného prívodu vody, akumulčných nádrží s krátkodobým vyrovnaním, závlahových čerpacích staníc a rúrovej vetvovej siete,
- prítok závlahovej vody v $\text{l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$.

Časové rozdelenie závlahovej vody počas vegetačného obdobia závisí od predpokladaných nárokov jednotlivých plodín na odber závlahovej vody. Toto rozdelenie je predpokladom pre:

- stanovenie režimu odberu vody z vodného zdroja a z akumulčných priestorov,
- časové rozdelenie nárokov na energiu,
- rozdelenia pracovnej sily v čase,
- určenie parametrov základných častí závlahového systému – čerpace stanice, závlahové nádrže, privádzače závlahovej vody a pod.

2.2.1 Závlahové množstvo

Závlahové množstvo je množstvo vody, ktoré treba priviesť počas VO konkrétnej plodiny na jednotku plochy k doplneniu prirodzeného obsahu vody v pôde a na nahradenie všetkých strát vody (okrem strát v prívide vody).

Závlahové množstvo plodín je možné stanoviť:

- orientačne podľa smerných závlahových množstiev plodín,
- výpočtom závlahového množstva za vegetačné obdobie alebo
- retrospektívnym vlhkovým bilancovaním.

Pri výpočte vychádzame z bilančnej rovnice

$$M_z = k_z \cdot (r_1 \cdot V_c - r_2 \cdot \alpha \cdot Z_v - r_3 \cdot W_z - W_k) [\text{mm}] \text{ alebo } [\text{m}^3.\text{ha}^{-1}]$$

kde: M_z – závlahové množstvo,

k_z – stratový súčiniteľ, ktorý vyjadruje straty závlahovej vody okrem strát v privádzači, hodnota závisí od spôsobu závlahy: postrek 1,15 – 1,25; podmok 1,25 – 1,45; preron 1,45 – 1,65 a výtopa 1,65 – 2,5,

V_c – celková vlhová potreba zavlažovanej plodiny za vegetačné obdobie

α – súčiniteľ využiteľnosti zrážok, závisí na pôdnych pomeroch, sklonitosti terénu, intenzite zrážok a teplote; pri dobrej infiltrácii na rovinnatom území: hlinité pôdy 0,75; ílovité pôdy 0,7 a menej; piesočnatá 0,6 a veľmi ťažká pôdy 0,5,

Z_v – dlhodobý priemer zrážok za vegetačné obdobie plodiny, pričom sa výpočet robí pre priemerný a smerodajne suchý rok,

W_z – zásoba vody v pôde na začiatku vegetačného obdobia – čiastočne pokrýva vlhovou potrebu rastlín; je to nahromadená zásoba vody v pôde zo zrážok zo zimného obdobia,

W_k – využiteľné množstvo vzliňajúcej podzemnej vody – čiastočne pokrýva vlhovou potrebu rastlín; je to voda, ktorá sa kapilárnym výstupom dostáva z hladiny podzemnej

vody ku koreňom rastlín; jej množstvo závisí na druhu pôdy, hĺbke hladiny podzemnej vody a plodine,

r_1 – redukčný súčiniteľ pre úpravu V_c v závislosti na nadmorskej výške,

r_2 – redukčný súčiniteľ pre úpravu α v závislosti na nadmorskej výške,

r_3 – redukčný súčiniteľ pre úpravu W_z v závislosti na druhu pôdy a sklone terénu.

Vlahovú potrebu rastliny ovplyvňujú najmä:

- meteorologické a klimatické faktory – intenzita slnečného žiarenia, dĺžka slnečného svitu, teplota a vlhkosť vzduchu, rýchlosť vetra, zrážky, atmosférický tlak,
- pôdne faktory – vlhkosť pôdy, jej štruktúra a textúra, farba pôdy a expozícia pozemku, hladina podzemnej vody,
- fyziologické faktory – druh rastliny, jej výška a charakter, hustota rastlín, jej koreňový systém.

Veľkosť vlahovej potreby môžeme určiť:

- priamym meraním a bilancovaním spotreby vody na lyzimetroch s neporušeným pôdnym profilom,
- použitím empirických vzorcov, ktoré vychádzajú z meteorologických a klimatických faktorov riešenej lokality,
- použitím odborovej technickej normy, kde sú uvedené smerné hodnoty pre jednotlivé plodiny pre lokality Podunajskej nížiny a Východoslovenskej nížiny.

Úhrn zrážok za vegetačné obdobie vybranej plodiny sa stanovuje pre:

- priemerný rok – na zistenie priemernej potreby energie a nákladov na ňu,
- smerodajne suchý rok – je návrhovým rokom na stanovenie základných parametrov častí závlahového systému; slúži pre stanovenie kapacít závlahových zariadení či posúdenie výdatnosti vodného zdroja, príp. stanovenie potrebného objemu akumulácie vody,
- pre konkrétny reálny rok.

2.2.2 Závlahová dávka

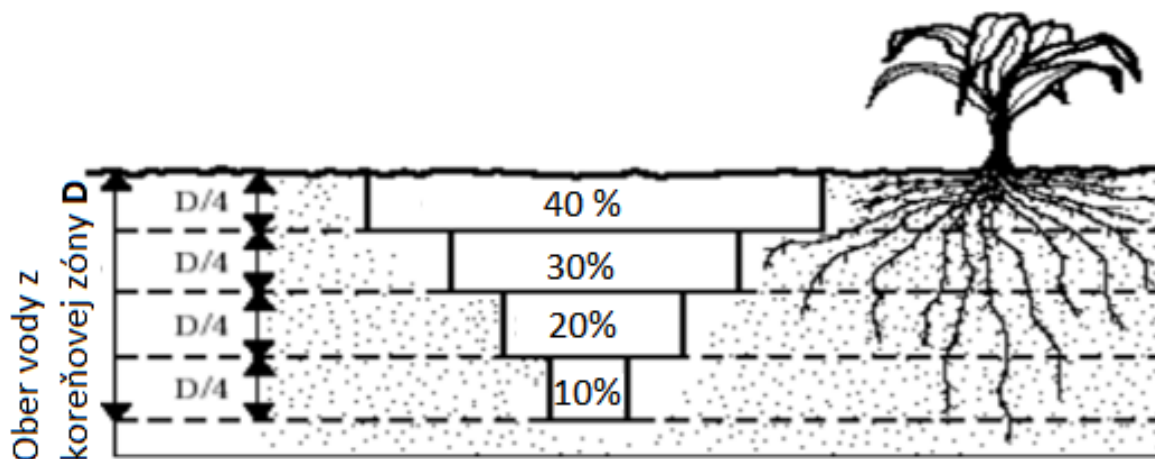
Pri prevádzke závlahového systému klasickou doplnkovou závlahou nie je technicky možné zavlažovať plodiny plynule počas vegetačného obdobia podľa uvedeného časového rozdelenia závlahového množstva. Závlahové množstvo pre jednotlivé plodiny sa dodáva v priebehu VO formou závlahových dávok.

Závlahová dávka je množstvo vody na jednotku plochy dodané v súvislom časovom úseku na dosiahnutie priaznivých vlhkostných pomerov v pôde. Súčet závlahových dávok plodiny v priebehu VO sa rovná vypočítanému závlahovému množstvu tejto plodiny.

Veľkosť závlahovej dávky musí spĺňať podmienky:

- pôda nesmie byť vodou preťažovaná,
- nesmie dochádzať k zbytočným stratám vody výparom,
- nesmie dochádzať k stratám vody povrchovým a podzemným odtokom.

Smerodajná závlahová dávka sa určí podľa pôdných pomerov pre hĺbku zakorenenia smerodajnej plodiny, ktorá je v období evapotranspirácie najnáročnejšia na vlahu. Na Obr. 2.1 môžeme vidieť odber vody koreňmi rastlín v pôdnom profile. Na základe poznania hĺbky koreňového systému následne volíme hĺbku zavlaženia.



Obr. 2.1 Odber vody rastlinami z rôznej hĺbky koreňového systému (Abdelraouf Ramadan, 2009)

Príklad výpočtu závlahovej dávky je uvedený v Prílohe č. 5 k vyhláške č. 215/2016 Z. z. Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o obhospodarovaní poľnohospodárskej pôdy v zraniteľných oblastiach. Cieľom zavlažovania je udržať vlhkosť pôdy medzi hydrolimitmi – bodom vädnutia a poľnou vodnou kapacitou. Bod vädnutia a poľná vodná kapacita závisia od druhu pôdy. Ľahké pôdy (piesočnaté) majú nízky bod vädnutia a poľnú vodnú kapacitu a stredne ťažké a ťažké pôdy (hlinité, ílovité) nadobúdajú väčšie hodnoty bodu vädnutia a poľnej vodnej kapacity (Tab. 2.1).

Tab. 2.1 Objemová hmotnosť a vybrané hydrolimity pôdných druhov

Druh pôdy	Hmotnosť, g.cm ⁻³	Bod vädnutia, %	Poľná vodná kapacita, %
Piesočnatá	1,5 – 1,7	2 – 6	15
Hlinitá	1,2 – 1,4	6 – 18	30 – 40
Ílovitá	1,4 – 1,6	18 – 25	30 – 35

Ak sa určí vlhkosť pôdy v koreňovej oblasti, možno pomocou uvedenej tabuľky zistiť, či je potrebné zavlažiť pôdny profil tak, aby sa dosiahla vlhkosť pôdy približne rovná poľnej vodnej kapacite. Obsah vody v pôde sa vypočíta z hodnôt vlhkosti pôdy stanovenej vo viacerých vrstvách pôdneho profilu. Hrúbka koreňovej vrstvy pôdy, ktorú je potrebné zavlažovať, sa počas rastu rastlín mení od 0,2 do 1,5 m a závisí pochopiteľne aj od druhu rastliny. Spravidla stačí zavlažovať vrchnú vrstvu pôdy (približne 30 cm) na začiatku vegetačného obdobia, neskôr vrstvu pôdy do hĺbky 60 cm. V hlinitej pôde bola stanovená vlhkosť pôdy vo vrstvách po 10 cm (Tab. 2.2).

Tab. 2.2 Vlhkosť pôdy vo vrstvách po 10 cm

Hĺbka, cm	10	20	30	40	50
Vlhkosť pôdy, % hm.	12,6	14,3	18,1	19,8	24,3

Pri závlahe postrekom je potrebné prevlhčiť pôdu do hĺbky 50 cm. Výpočet závlahovej dávky spočíva vo vynásobení vlhkosti pôdy (v % hm.) objemovou hmotnosťou pre hlinitú pôdu, napr. $1,3 \text{ g.cm}^{-3}$. Obsah vody vo vrstve pôdy 0 až 50 cm je následne súčet obsahu vody v jednotlivých vrstvách (Tab. 2.3). Poľná vodná kapacita pre hlinitú pôdu je 35 obj. %, t. j. 35 mm vody v 10 cm vrstve pôdy. Poľná vodná kapacita pre vrstvu pôdy 0 až 50 cm bude $35 \times 5 = 175 \text{ mm}$.

Tab. 2.3 Výpočet obsahu vody v pôde

Hĺbka, cm	Vlhkosť pôdy, % obj.	Obsah vody, mm
10	$12,6 \times 1,3$	16,38
20	$14,3 \times 1,3$	18,59
30	$18,1 \times 1,3$	23,53
40	$19,8 \times 1,3$	25,74
50	$24,3 \times 1,3$	31,59
Spolu	x	115,83

Závlahová dávka je následne výsledok rozdielu $175 - 115,83 = 59,17 \text{ mm} \approx 60 \text{ mm}$, t. j. $600 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

2.3 Závlahové zariadenia

Závlahovú sústavu tvorí súbor vzájomne sa dopĺňajúcich stavieb a opatrení určených na odber, úpravu, prívod, rozvod a rozdeľovanie vody po zavlažovanej ploche.

Hlavné zariadenia sú:

- odberné zariadenia (napr. čerpacia stanica, odber z nádrže),
- hlavné privádzacie potrubie alebo kanál,
- rozvodná rúrová sieť alebo kanálová sieť,
- rozdeľovacie uzly alebo hydranty,
- závlahový detail (prenosné potrubia, postrekovače ...).

Podľa konštrukčného riešenia, funkcie a celkového usporiadania delíme odberné zariadenia na odber z bystrín, potokov, riek, kanálov, rybníkov, priehradných nádrží, odbery OV z čistiarní OV, odbery podzemnej vody z vrtu, studne a pod.

Závlahové čerpacie stanice sú určené k čerpaniu závlahovej vody z nižšie ležiacich vodných zdrojov na záujmovú plochu k získaniu potrebného pretlaku pre rozstrekovanie vody a prevádzku zavlažovacích strojov. Závlahové čerpacie stanice sa delia na primárne, ktoré čerpajú vodu z vodného zdroja na záujmovú plochu, sekundárne, ktoré odoberajú vodu zo závlahovej siete a terciárne, ktoré sú určené napr. na zvyšovanie tlaku a pod.

Čerpacie stanice bývajú najčastejšie vybavené nápusťným objektom, sacia časť, strojovňou a doplnkovým vybavením. Nápusťný objekt umožňuje odber vody zo zdroja, pričom usporiadanie a vybavenie vtoku musí zabezpečovať ochranu čerpacej stanice pred

splaveninami, poškodením ľadom a pod. Sacia časť sa navrhuje s ohľadom na počet a druh čerpadiel, prívod vody, kolísanie hladiny v zdroji a pod., pričom musí zabezpečovať nerušenú prevádzku, ľahkú obsluhu, dostatočnú bezpečnosť prevádzky a dostatok priestoru pre montáž a demontáž čerpadiel a elektromotorov.

2.3.1 Otvorené kanály

Rozvádzacie závlahové kanály hlavné (I. radu) a vedľajšie (II. a ďalšieho radu) majú byť čo najkratšie a výškovo vyhovovať gravitačnému rozvodu pri čo najmenšej strate spádu. Kanály nesmú zbytočne rozdeľovať pozemky a ich umiestnenie musí zlepšovať prirodzený odtok dažďovej vody.

Hlavný závlahový kanál privádza vodu od miesta odberu na zavlažované územie. Najčastejšie sú navrhované opevnené a tesnené. Jeho trasa sa navrhuje tak, aby kanál pri najmenšej dĺžke, najmenších stratách a najmenších stavebných nákladoch zaistoval požadované množstvo vody. Výškovo by trasa mala sledovať najvyššie územné polohy. Sklony dna volíme tak, aby nedošlo k prekročeniu nevymieľacích rýchlostí, pričom minimálny sklon hlavných kanálov by mal byť 1 ‰ a vedľajších 2 ‰. Pričný profil sa najčastejšie volí lichobežníkový.

2.3.2 Potrubné rozvody

Patria k najpoužívanejšiemu spôsobu prívodu a rozvodu vody. Podkladom pre riešenie sú výsledky geodetického, hydropedologického, geologického a hospodárskeho prieskumu, poľnohospodársko-výrobných podmienok, usporiadania závlahovej sústavy, spôsob riešenia závlahového detailu, prírodné a klimatické podmienky, závlahový režim a pod.

Pri návrhu potrubných rozvodov je potrebné sa zamerať na:

- optimalizáciu a homogenizáciu tlakových pomerov,
- minimalizáciu spotreby energie,
- minimalizáciu stavebných nákladov a
- minimalizáciu prevádzkových nákladov.

Taktiež je potrebné posúdiť usporiadanie závlahovej sústavy, rozmiestnenie čerpacích staníc, optimálny tvar a počet pôdnych blokov a honov, účelnosť závlahy odľahlých pozemkov, polohu, umiestnenie závlahových nádrží a vodojemov, prečerpávacích staníc, odbery vody a pod.

Potrubný rozvod vody zahŕňa:

- výtláčne rady potrubí (privádzače) – zaistujú prívod vody od zdroja závlahovej vody k čerpacím staniciam ďalšieho stupňa, k vyrovnávacím alebo akumulárnym nádržiam, k hlavným rozvodovým radom,
- hlavné rozvodné rady – zaistujú rozvod závlahovej vody po ploche záujmového územia alebo k vetvovým radom,
- vetvové rozvodné rady.

Pri návrhu technických parametrov potrubia je potrebné minimalizovať dĺžku radu a jeho profil, navrhnúť minimálny počet lomov trasy a umožniť úplné vyprázdnenie radu na konci prevádzky

(napr. v zimnom období, pri poruche a pod.), je potrebné riešiť podchytenie a útlm vodného rázu a minimalizovať kríženie s komunikáciami a vodohospodárskymi stavbami.

Postup pri hydraulickom návrhu potrubných rozvodov je nasledovný:

- navrhne sa daný variant závlahovej potrubnej siete,
- navrhne sa jej výškové usporiadanie (vzdušníky a kalníky),
- pre jednotlivé časti (od hydrantu po hydrant alebo k ďalšej vetve) sa spraví výpočet odberu závlahovej vody,
- určí sa nutná súbežnosť odberov,
- výpočtom sa určia optimálne priemery potrubí v jednotlivých úsekoch a
- výpočtom sa určia hydraulické podmienky na potrubnej sieti – tlakové pomery.

Na tlakovej rozvodnej sieti sú umiestnené odberné a výpustné objekty ako závlahové hydranty, koncové výpusty a odbočky potrubí nižších rádo, ďalej prevádzkové – vzdušníky (používajú sa na odvádzanie prebytočného nahromadeného vzduchu v potrubí; umiestňuje sa v najvyššom mieste potrubnej siete), kalníky (slúžia na odvádzanie nahromadených usadenín a sedimentov v potrubí a vypúšťanie prebytočnej vody zo siete; nachádzajú sa na najnižšom mieste rozvodnej siete) a zasúvacie uzávery na reguláciu prítoku vody do potrubia. Ďalšími objektmi sú meracie a regulačné – vodomerné zariadenia na meranie prietoku vody v potrubí a regulátory tlaku na udržiavanie stáleho rovnomerného tlaku v sieti.

2.3.3 Straty závlahovej vody

K stratám závlahovej vody dochádza jednak na zavlažovanej ploche a jednak v samotnej závlahovej sieti. Na zvlážovanej ploche dochádza k stratám vo forme povrchového odtoku, priesakom pod účinnú hĺbku navlaženia do nižších vrstiev pôdy, zachytením na povrchu rastlinami, zavlažovaním nevyužívaných plôch a pod. Straty vody v závlahovej sieti sú spôsobené výparom pri závlahe z otvorených kanálov, priesakom do pôdy v netesnených kanáloch, príp. poškodených potrubných rozvodoch, nedostatočnou tesnosťou objektov, vsakovaním po ukončení závlahy, vodou nachádzajúcou sa v samotnom potrubí po ukončení závlahového obdobia a pod.

2.4 Podrobné závlahové zariadenia

Závlahový detail je zariadenie používané na podrobné rozvedenie vody po zavlažovanej ploche a jej dávkovanie do pôdy. Pri výbere závlahového detailu je potrebné posúdiť vhodnosť daného detailu z hľadiska rizík poškodenia pestovaných plodín, možnosť pohybu strojného zariadenia (napr. traktorov, samohybných zariadení a pod.), schopnosť daného detailu zavlažiť celý prevádzkový blok v požadovanom časovom úseku a možnosť zaistenia rovnomernosti závlahy a dodržanie prípustnej intenzity postreku.

Stabilný závlahový detail tvoria závlahové zariadenia trvale zabudované na závlahovej ploche.

Sezónne stabilný závlahový detail tvoria závlahové zariadenia umiestnené na závlahovej ploche počas závlahovej sezóny bez premiestňovania.

2.4.1 Mikrozávlahy

Mikrozávlahami rozumieme povrchovú alebo podpovrchovú závlahu, ktorá dodáva malé množstvo vody priamo k rastlinám pozvoľným výtokom, po kvapkách alebo postrekom. Úlohou podpovrchovej závlahy je priviesť vodu do tej časti pôdneho profilu, v ktorej je sústredená hlavná časť koreňového systému rastlín. Pri podpovrchovej závlahe sa voda privádza do potrubí, drénov a pod., odkiaľ navlažuje aktívnu vrstvu pôdy, a to buď infiltráciou prostredníctvom zvodnenej vrstvy pôdneho profilu alebo priamo.

Podľa konštrukcie poznáme lokalizované závlahy (bodová a kvapková) alebo mikropostrek. Používajú sa najmä na závlahu špeciálnych poľnohospodárskych kultúr, v sadoch, viniciach, chmeľniciach a pri niektorých druhoch zeleniny, ako aj v skleníkoch, parkoch a pod.

Systémy sú vždy plne stabilne inštalované vrátane čerpacích staníc, úpravy a rozvodu vody, použitý materiál je takmer výhradne plast (potrubie, tvarovky, filtračné zariadenie, závlahový detail), všetky druhy majú rovnaké usporiadanie, pričom sa líšia len výtokovým prvkom.

Hlavné časti mikrozávlah:

- zdroj vody s odberným objektom,
- zariadenie na čerpanie, príp. akumuláciu vody,
- zariadenie na úpravu závlahovej vody (filtre),
- potrubná sieť – prírodné, rozvodné a rozdeľovacie potrubie,
- linky detailného rozvodu.

Výhody mikrozávlah:

- úspory vody – v porovnaní s postrekom 30 – 50 %,
- presné dávkovanie vody podľa potreby rastliny,
- úspory energie, potrubného materiálu, armatúr, tvaroviek – v porovnaní s postrekom,
- použitie aj na extrémnych svahoch bez nebezpečenstva erózie pôdy vzhľadom na nízku intenzitu závlahy, okrem bodovej závlahy,
- nezamokrené medziradie – málo buriny,
- nezavlažené časti plôch umožňujú prejazd mechanizácie a prístup na pole po závlahe,
- možnosť aplikácie hnojív (hnojivá závlaha),
- možnosť automatizácie prevádzky,
- zníženie nebezpečenstva napádania plodín chorobami a škodcami pri bodovej a kvapkovej závlahe – úspora chemických prípravkov a pohonných hmôt.

Nevýhody mikrozávlahy:

- vyššie zriaďovacie náklady,
- vyššie nároky na kvalitu závlahovej vody – predpokladom použitia mikrozávlahy, najmä kvapkovej, je dobrá kvalita vody.

Bodová závlaha

Voda je rozvádzaná potrubím s malým priemerom s otvormi alebo špeciálnymi dávkovacími prvkami článkami v požadovaných vzdialenostiach, z ktorých voda pomaly plynule vyteká

do pôdy. Intenzita závlahy je nízka a rozdelenie vody je bodové, spravidla k jednotlivým rastlinám.

Bodová závlaha vyžaduje terén s rovnomerným sklonom do 5 %, pri väčšom sklone sú nevyhnutné špeciálne opatrenia, napr. vsakovacie brázdy. Vhodné piesočnatohlinité, hlinité až ílovitohlinité pôdy, nevhodné extrémne ľahké a extrémne ťažké pôdy.

Výhody oproti ďalším druhom mikrozávlah:

- jednoduchá realizácia,
- jednoduchá prevádzka,
- menšie nároky na energiu.

Nevýhody:

- menšia rovnomernosť závlahy v porovnaní s kvapkovou závlahovou,
- menšia operatívnosť prevádzky,
- nebezpečenstvo vodnej erózie na sklonitých plochách pri väčších výtokových množstvách – výtokové zariadenie je potrebné umiestniť do vsakovacích brázd,
- pri projektovaní je potrebné dbať na rovnomerné rozloženie tlaku na celej zavlažovanej ploche.

Kvapková závlaha

Je to závlaha s rozvodom vody potrubím s malým priemerom, z ktorého voda vyteká po kvapkách kvapkovačom alebo mikroporéznym potrubím (Obr. 2.2). Intenzita závlahy je veľmi nízka – výkon jedného kvapkovača je 1 – 10 l.h⁻¹. Voda sa dodáva v malom množstve priamo do koreňovej zóny rastlín. Tiež je možné aplikovať roztoky kvapalných hnojív. Používa sa na závlahu sádov, viníc, chmeľníc, zeleniny, kvetov, v skleníkoch, parkoch a pod.



Obr. 2.2 Povrchová kvapková závlaha; 1 – filtračné zariadenie, 2 – prírodné potrubie, 3 – kvapkovače

Kvapková závlaha môže byť prevedená ako povrchová, podpovrchová alebo nadzemná. Pôdne pomery a sklonitosť terénu zvyčajne nie sú limitujúce faktory. Je najnáročnejšia na kvalitu závlahovej vody – je potrebné brať ohľad na zanášanie a upchávanie kvapkovačov a potrubia. Okrem chemického a fyzikálneho rozboru sa vyžaduje aj mikrobiologický rozbor.

Výhody:

- úspora závlahovej vody v porovnaní so závlahou postrekom (30 – 50 %),
- nízky pracovný tlak (50 – 400 kPa),
- progresívne systémy majú kvapkovače so samoregulačnou schopnosťou – zaisťujú stály výtok v rozmedzí daných prevádzkových tlakov,
- ľahký návrh a prevádzka závlahy (pokiaľ je zaistená dobrá kvalita vody),
- systém kvapkovej závlahy je možné plne automatizovať.

Mikropostrek

Mikropostrek je závlaha s rozvodom vody potrubím s malými priermi s pripojenými mikropostrekovačmi alebo rozstrekovačmi (Obr. 2.3). Umožňuje závlahu na vzdialenosť 1 – 10 m. Je to závlaha s nízkou intenzitou, používaná na závlahu rastlín v rade, dodávkou vody len v úzkom pruhu pozdĺž radov. Medziradie je zavlažované len nepatrnou dávkou alebo vôbec. Môže plniť aj klimatizačnú a protimrazovú funkciu.

Výhody v porovnaní s inými druhmi mikrozávlah:

- nižšia spotreba energie,
- nižšia spotreba vody,
- vyššia kvalita závlahy,
- pomerne nízky pracovný tlak (200 – 300 kPa).

Mikropostrek vyžaduje pomerne hustú potrubnú sieť. Vzhľadom na pôdne pomery a sklonitosť pozemku je potrebné stanoviť prípustnú intenzitu postreku, ktorá má byť menšia ako infiltračná schopnosť pôdy.



Obr. 2.3 Mikropostrek

2.4.2 Závlaha postrekom

Voda sa čerpaním odoberá z vodného zdroja (rieka, závlahový kanál, nádrž a pod.) a pod tlakom sa čerpá do potrubnej siete. Z potrubných radov sú na povrch vyvedené závlahové hydranty. Samotná závlaha postrekom, spočívajúca v rozstrekovaní vody formou dažďa po ploche a sa robí pomocou závlahového detailu. Podstatou závlahy postrekom je rozdeľovanie vody k rastlinám spôsobom napodobňujúcim atmosférické zrážky. Pôda a rastliny sa zavlažujú dažďom, ktorého intenzita a veľkosť kvapiek sa môžu zariadením regulovať konštrukciou zavlažovacieho zariadenia, prípadne úpravou prevádzkového tlaku podľa požiadaviek užívateľa. Postrek umožňuje presne riadiť a odmeriavať dodávané množstvo vody. Závlahový detail tvoria postrekovacie stroje alebo prenosné potrubie, na ktoré sú inštalované postrekovače.

Spolu s mikrozávlahou je považovaná za technicky najdokonalejší spôsob závlahy. V našich podmienkach je univerzálnym spôsobom riešenia závlah, pretože je možné ju použiť pri väčšine poľnohospodárskych plodín, aj v členitom teréne s rôznymi pôdnymi pomermi.

Výhody:

- nižšie zriaďovacie náklady v porovnaní s mikrozávlahami,
- neprekáža mechanizácii pri obrábaní,
- je vhodná pre takmer všetky plodiny,
- možnosť mechanizácie a automatizácie prevádzky.

Nevýhody:

- vyššie nároky na energiu,
- väčšia spotreba vody (o 70 až 100 %) v porovnaní s mikrozávlahami,
- výdatnejší zdroj vody,
- rady povrchových hydrantov vedú k rozdeleniu územia.

Pri závlahe postrekom z postrekovačov je rozvod vody pri veľkoplošných závlahách prevedený ako podzemný s hydrantmi (Obr. 2.4), na ktoré je napojené detailné rozvodné potrubie z prenosových rúr s rýchlospojками, alebo hadíc rôznych typov (tkané, polyetylénové). Na ne sú umiestňované vo vhodných vzdialenostiach postrekovače. Na menších plochách je celý rozvod spravidla povrchových z prenosných rúr alebo hadíc. Pri prvom systéme sú čerpacie stanice stabilné, u maloplošných závlah čerpacie agregáty mobilné. Prenosné potrubie je zostavené z rúrok dĺžky spravidla 3 až 6 m z oceľového plechu, rúrky sú pozinkované, aby odolali korózii. Prenosné potrubia musia byť umiestnené po závlahovej ploche tak, aby bola zaistená rovnomernosť postreku. Jednotlivé vetvy sa ukladajú vzájomne rovnobežne vo vzdialenostiach zaisťujúcich potrebné spony postrekovačov. Sponom postrekovačov rozumieme vzájomné rozmiestnenie postrekovačov zaisťujúcich postrek celej plochy. Je buď trojuholníkový, štvorcový alebo obdĺžnikový. Požadované vzdialenosti sa určia z dĺžky dostreku postrekovačov pri danom tlaku v rozvodnom potrubí (Rehák et al., 2015).



Obr. 2.4 Postrekovač (vľavo) a prenosné potrubie s hydrantom (vpravo) (Foto: Jurík)

Závlahové stroje (zavlažovače) sú mobilné zariadenia pre rozvádzanie a dávkovanie vody po zavlažovanej ploche. Základnou úlohou zavlažovačov je odstrániť ručné prenášanie závlahového potrubia a postrekovačov. Postrekovače sú buď premiestňované na potrubných linkách v rôznom usporiadaní, a to buď pozične, alebo kontinuálne, alebo sú ojedinelé postrekovače pri postreku premiestňované po zavlažovanej ploche. Podľa usporiadania možno rozdeliť závlahové stroje na zavlažovače s jedným postrekovačom a zavlažovače s viacerými postrekovačmi.

Konzolové zavlažovače sú zložené z postrekovačov umiestnených na otáčavej (pevnej) oceľovej konštrukcii na podvozku. Dĺžka konzoly býva 24 – 80 m, výška nad terénom 2,5 – 8,5 m.

Mostové zavlažovače tvoria oceľová nosná konštrukcia osadená na dvoch podvozkoch. Na nosnej konštrukcii je zavesené potrubie, ktorým je privádzaná závlahová voda k postrekovačom.

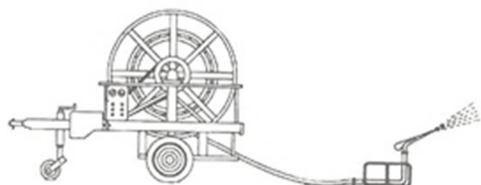
Lineárny zavlažovač (Obr. 2.5) je stroj na podvozku, ktorý sa pohybuje pozdĺž prívodu vody. V podstate sú to mostové zavlažovače s veľkými poliami. Hlavné potrubie je pripojené jedno alebo obojstranne k hydrantom podzemného potrubia. Jednotlivé podvozky sú poháňané samostatnými elektromotormi.



Obr. 2.5 Lineárny zavlažovač (Foto: Jurík)

Zavlažovače s pivotom sú obdobou lineárnych zavlažovačov. Zdrojom vody je centrálny hydrant – pivot, okolo ktorého sa celá konštrukcia otáča a zavlažuje kruh alebo kruhovú výseč. Rozmiestnenie postrekovačov, ich veľkosť je na zavlažovači upravená tak, aby sa dosahovala rovnaká intenzita dažďa pozdĺž celej dĺžky stroja, nakoľko dochádza k zníženiu tlaku pozdĺž potrubia.

Pásové zavlažovače s mobilným navijakom na podvozku, hydromotorom alebo turbínou, sú s navíjajúcou sa hadicou a postrekovačom umiestneným na ťahanom statíve. Pásový zavlažovač sa postaví na okraj pozemku, potrubie sa traktorom rozvinie po poli a pripojí postrekovač. Zavlažovač sa pripojí k hydrantu potrubnej siete a uvedie sa do prevádzky. Navíjaním hadice sa zavlaží pás pozemku. V ponuke sú pásové zavlažovače s dĺžkou hadice do 600 m.



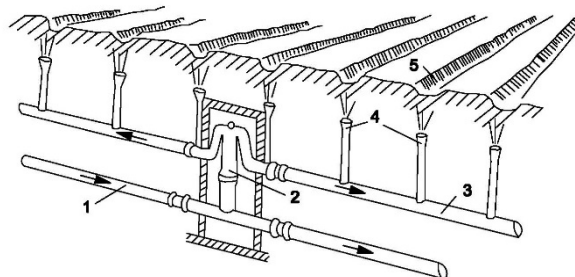
Obr. 2.6 Pásový zavlažovač (Foto: Jurík)

2.4.3 Závlaha podmokom

Voda je privádzaná k zavlažovanej ploche závlahovými kanálmi alebo beztlakovým, príp. nízkotlakovým potrubím. Voda je privádzaná do zavlažovacích brázd, ktoré sú vyorané medzi riadkami plodín, vsakuje do pôdy a navlažuje koreňovú zónu pestovaných plodín – brázdový podmok.

Brázdový podmok vyžaduje rovné územia, ktoré často musia byť nákladne upravované, aby výškové rozdiely mikroreliéfu nepresahovali 0,05 m pri sklonoch terénu od 8 do 10 ‰, pri vyšších sklonoch do maximálne 2 ‰ je riešenie nákladné. Brázdy musia byť rovnobežné v smere obhospodarovania pozemku. Rozchod brázd závisí na druhu pôdy (priepustné pôdy 0,6 – 0,7 m; stredne priepustné pôdy 0,7 – 0,8 m; málo priepustné pôdy 0,8 – 1,2 m). Dĺžka brázdy je 50 až 200 m a je ovplyvnená druhom pôdy, sklonom územia, druhom zavlažovaných plodín a agrotechnikou.

Otvorené rozvádzacie kanále môžu byť budované ako trvalé, ktoré však delia plochu a bránia obrábaniu pôdy. Vzdialenosť rozvádzacích kanálov vymedzuje veľkosť celistvých závlahových oddielov, ktoré sú veľké 40 až 60 ha v optimálnych podmienkach, v členitejšom území minimálne 5 až 6 ha. Zavlažovacie brázdy sa vyorávajú každý rok pre siatím alebo sadením. Majú byť priame, vzájomne rovnobežné a v daných podmienkach pokiaľ možno dlhé. Veľkosť brázd je prispôbená pestovaným plodinám.



Obr. 2.7 Výtok vody do brázd v systéme Warnow: 1 – hlavné privádzacie fóliové potrubie vystužené zeminou, 2 – automatický hydrostatický ventil, 3 – rozvodné potrubie, 4 – výtokové potrubie s pieskovým filtrom, 5 – zavlažovacia brázda (Rehák et al., 2015)

Jednoduché zlepšenie spočívajú v nahradení rozvodných kanálov plechovými alebo plastovými rúrami s regulovateľnými otvormi pomocou jednoduchých uzáverov (Obr. 2.7).

V prípade privádzania vody ku koreňom rastlín rúrovou sústavou, podobnou drenážnym sieťam, z keramických, termoplastických, alebo iných rúr, ide o drenážny podmok. Drenážny podmok je zvyčajne usporiadaný ako drenážny systém, ktorého zberné drény smerujú pozdĺž vrstevníc a zvodné kolmo na vrstevnice. Spočívajú vo vhodnom usporiadaní drenážneho systému tak, aby voda mohla byť v drenážnych pásmach vzdúvaná tak, aby zavlažila pôdny profil. Drenážny podmok je určený na zavlaženie pôdneho profilu postupným uzavretím ventilov na zvodných drénoch, ktoré sú znovu napájané zo zdroja závlahovej vody, voda však nevystupuje na povrch územia.

Alternatívou je podmok z odvodňovacích kanálov (Obr. 2.9, Obr. 2.8), čo je závlaha zvýšenou hladinou podzemnej vody, ktorá je vzdúvaná z kanálov. Podmok z kanálov využíva spravidla existujúce systematické kanálové odvodnenie na zavlažovanie rhizosféry. Realizuje sa zvýšením hladiny až k povrchu terénu a po nasýtení sa hladina podzemnej vody zníži (podmok), alebo sa udržiava úroveň po celú dobu vegetácie na optimálnej výške, ktorá zaisťuje krytie vlhkových potrieb.



Obr. 2.8 Závlaha podmokom z kanálov (Foto: Kaletová)



Obr. 2.9 Závlaha z kanálov

Výhody závlahy podmokom:

- možnosť závlahy vysokými dávkami,
- pomerná rovnomernosť závlahy,
- možnosť závlahy v ľubovoľnom období rastu plodiny,
- odpadá vplyv vetra,
- úspora energie – prevažuje gravitačný, príp. nízkotlakový rozvod vody.

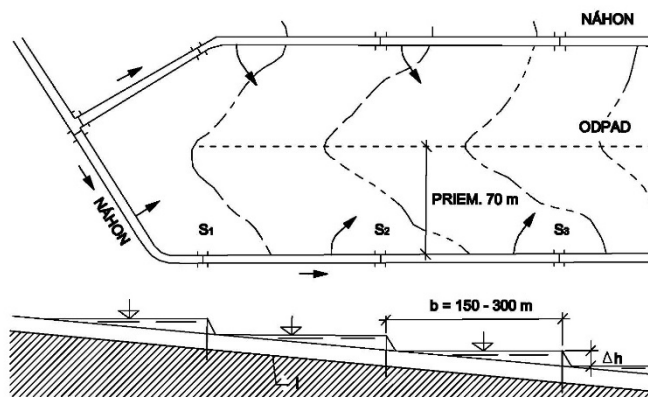
Nevýhody závlahy podmokom:

- veľká spotreba vody v priepustných pôdach,
- potreba nákladného urovnania povrchu pôdy,
- v našej oblasti malá skúsenosť s týmto druhom závlahy.

2.4.4 Závlaha preronom

Voda je privádzaná vo vrstve 3 až 7 cm na mierne sklonenú a urovnanú plochu, kde vsakuje do pôdy a navlažuje ju. Aby závlaha bola rovnomerná, je potrebné, aby preronové tabule boli rovné, ich sklon bol 1 až 3 %, minimálne 0,2 % a maximálne 10 %. Nie je vhodná pre závlahu poľných kultúr, používa sa na závlahu lúk a pastvín. Voda privedená na plochu steká po zavlažovanej ploche a vsakuje do pôdy. Prívod vody na plochu môžeme riešiť:

- vzdutím vody v prívodnom kanále, čím dôjde k preliatiu vody cez upravenú vodorovnú korunu hrádzky (Obr. 2.10),
- vypúšťaním potrubnými výpustami alebo výpustnými žľabmi z betónu
- násoskami.

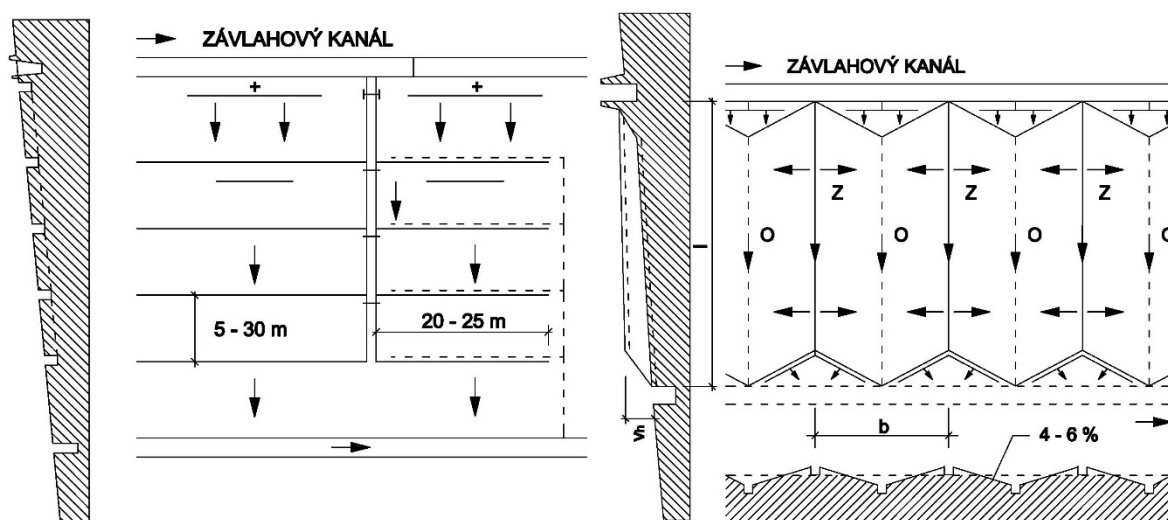


Obr. 2.10 Riešenie preronovej závlahy z kanálov (Rehák et al., 2015)

Poznáme závlahu preronom:

- pásovým – je podobný brázdovému podmoku s tým rozdielom, že voda je v styku s celou zavlažovanou plochou; voda je privádzaná kanálom alebo privádzacím potrubím na zavlažovanú plochu a rozdeľovacím potrubím s výtokovými otvormi v koncovej časti je rozdeľovaná do preronových pásov,
- chrbtovým (Obr. 2.11) – na závlahu používa zavlažovaciu priekopu na chrbte obojstranne sklonenej plochy, na dne údolia pod chrbtom je odvodňovacia priekopa; dĺžka chrbta závisí na sklone a býva v rozmedzí 25 – 110 m so šírkou 10 – 30 m,

- svahovým (Obr. 2.11) – voda je z kanála privádzaná rozvádzacími priekopami do vodorovných zavlažovačiek, ktoré rozdeľujú zavlažovaný svah na tabule so šírkou 5 – 30 m.



Obr. 2.11 Usporiadanie svahovitého preronu (vľavo) a chrbtová závlaha preronom (vpravo) (Rehák et al., 2015)

2.4.5 Závlaha výtopou

Princíp spočíva v zaplavení pôdy vodou v 15 až 30 cm (max 50 cm) súvislej vrstve. Vyžaduje si opatrnosť, najmä v prípade, keď pôda nie je súvisle pokrytá vegetačným krytom, nakoľko hrozí porušenie pôdnej štruktúry, presýteniu pôdneho profilu vodou, príp. aj zasolenie pôdy.



Obr. 2.12 Závlaha ryžového poľa výtopou v Portugalsku (Foto: Kaletová)

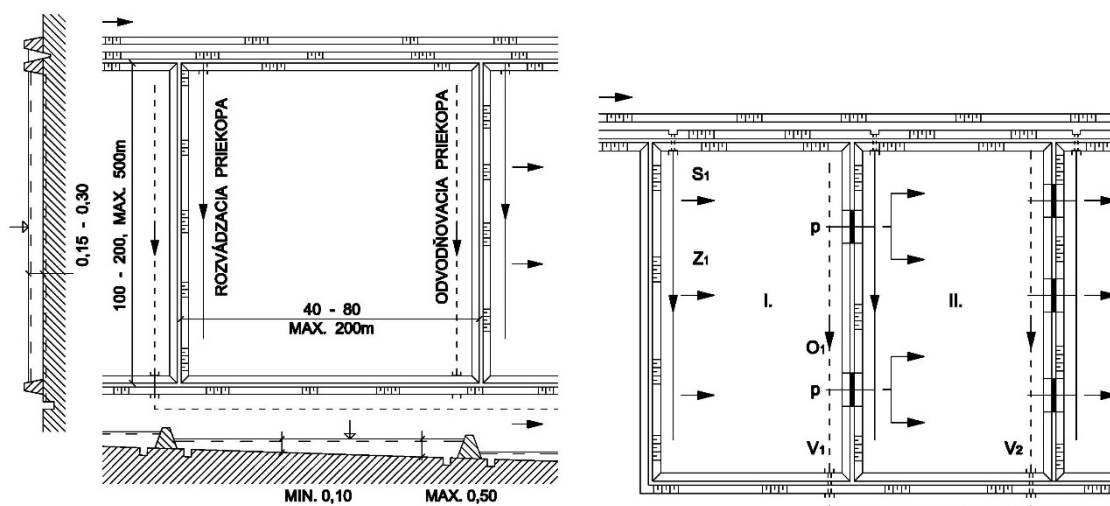
Zavlažované územie je ohraničené tzv. obvodovou hrádzou a vo vnútri rozdelené na jednotlivé zdrže deliacimi hrádzkami. Zdrže sa dlhšou stranou orientujú pozdĺž vrstevníc, aby zdrže pri dodržaní minimálnej a maximálnej hĺbky mali dostatočnú veľkosť. Územie musí mať sklon 1 až 2 ‰, výnimočne 3 ‰. V členitejších územiach potom zdrže musia byť vytvárané dôsledne pozdĺž vrstevníc s priečnym vyrovnaním terénu až do úzkych pásov terasovitých polí, ako je to

v oblastiach južnej Ázie. Pre veľkosť zdrže je dôležitý druh plodiny. Pre lúky volíme až 10 ha, stredné veľkosti sú menšie. Pre ryžovisko 1 až 3 ha, novšie až 10 ha (Rehák et al., 2015).

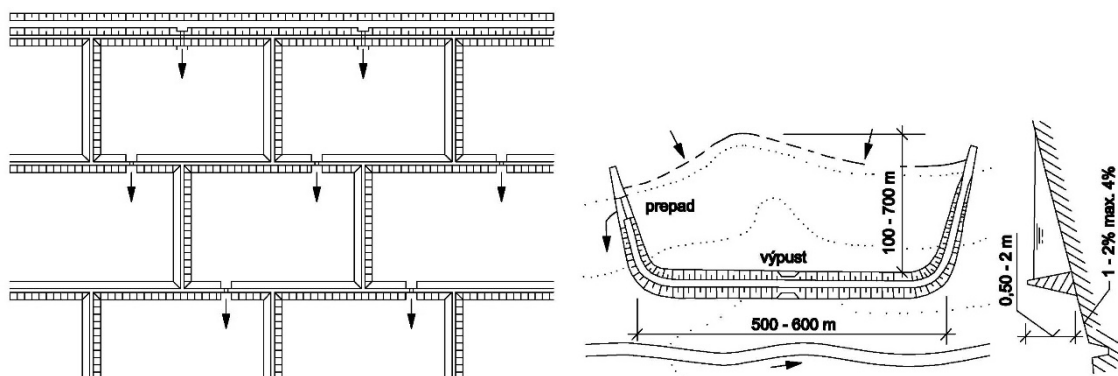
Tento typ závlahy si vyžaduje dobré odvodnenie. Využitelnosť vody je pomerne malá 40 – 60 % (priesak do pôdy, výpar). Nevýhodami je vysoká spotreba vody, aplikácia len mimo VO, náročnosť na ľudskú prácu, možnosť zavlažovať len rovinné územia, nie je možné riadiť závlahovú dávku.

Podľa technického usporiadania rozoznávame:

- prerušovanú a neprerušovanú výtopu (Obr. 2.13),
- výtopu roncom – voda preteká zdržami spomaleným prúdom,
- zvláštne typy výtopy:
 - limanová závlaha – zachytáva sa voda z topiaceho sa snehu alebo extrémnych zrážok (Obr. 2.14),
 - premývací závlaha – používa sa na odstránenie prebytku solí v pôde.



Obr. 2.13 Prerušovaná (vľavo) a neprerušovaná (vpravo) závlaha výtopou (Rehák et al., 2015)



Obr. 2.14 Nádržková výtopa (vľavo) a limanová závlaha (vpravo) (Rehák et al., 2015)

3 Odvodnenie

Tento prírodný jav je úzko spätý s problematikou ochrany pred povodňami. Zamokrenie je nadbytok vody v pôde (Obr. 3.1). Nepriaznivo sa prejavuje obmedzením až znemožnením rastu plodín, zeleniny, lesných drevín a pod. Vysoký obsah vody v pôde spôsobuje postupné zbahnenie a vznik anaerobných rozkladných pochodov v pôde. Zamokrené pôdy sú mimoriadne nepriaznivé i z hľadiska hygienického, nakoľko výrazne zhoršujú zdravotný stav krajiny. Nadbytkom vody sa zhoršuje aj stabilita pôdy a náchylnosť k zosuvom, spôsobuje podstatné zníženie vzdušnej kapacity pôdy, zhoršenie teplotných pomerov i zmenu chemických a biologických vlastností pôdy.



Obr. 3.1 Stojatá voda na povrchu pôdy (Foto: Kaletová)



Obr. 3.2 Svetlejšie sfarbenie vegetácie na zamokrenom území (Foto: Kaletová)

Nadbytok vody v pôde charakterizujú vlhkomilné rastliny (napr. praslička, pýr, podbeľ, rákosie) a stromy (vrbá, breza, topoľ, jelša). Kultúrne plodiny na zamokrených pôdach sú

svetlého alebo žltozeleného sfarbenia a nízkeho vzrastu (Obr. 3.2). Zamokrená pôda je tmavšie sfarbená a chladná, zle sa obrába. Na jar býva dlhšie prikrytá snehom.

V krajine bez človeka je zamokrenie úplne prirodzené a pre mnohé organizmy nevyhnutné pre ich existenciu. Z toho dôvodu zamokrenie a všetky javy s tým spojené posudzujeme vždy vo vzťahu k človeku a pestovanej plodine. Pre každý druh rastlín existuje určitý obsah vody v pôde, pri ktorej je úroda najvyššia. Rastliny sú poškodené, ak sú póry podzemia väčšou mierou naplnené vodou, pretože dýchanie koreňov a činnosť pôdných baktérií, ktoré sú nevyhnutné pre rozkvet, sú obmedzené. Príliš vlhká pôda je navyše studená, pretože voda má vyššiu tepelnú kapacitu ako pôda a pretože odparovanie vody na ňu viaže teplo. Na veľmi vlhkom poli začína rásť pestovaná plodina oveľa neskôr ako na suchej pôde a spracovanie pôdy je náročnejšie na súdržných pôdach, keď sú veľmi vlhké kvôli ich lepidivosti. Rast poľnohospodárskych plodín následne poškodzujú iné rastliny, ktorým sa dobre darí vo veľkej vlhkosti, ale tieto buriny sú nežiaduce.

Najvýhodnejší stupeň vlhkosti pre každý typ rastlín sa vyskytuje v určitej hĺbke hladiny podzemnej vody. Napríklad hladina podzemnej vody v ornej pôde je vhodná pri hĺbke najmenej 0,80 m, ale pri obilí a koreňových plodinách je vhodná 1,15 až 1,25 m, pri pestovaní repy 1,50 až 2,80 m.

Pod pojmom odvodnenie pôd rozumieme súbor opatrení na odstránenie nadbytku vody z pôdy a z jej povrchu a na ochranu odvodňovaného územia pred zaplavením. Výmera doteraz odvodnených plôch v SR je okolo 460 000 ha, čo predstavuje 18,4 % z poľnohospodárskej pôdy. Odvodňovacie stavby ako jeden z typov hydromelioračných stavieb rozdeľujeme na hlavné a podrobné odvodňovacie zariadenia. Každé z nich má svoje nezastupiteľné postavenie a účel, kvôli ktorému boli vybudované (Halaj et al., 2020).

Pri úprave vodného režimu zamokrených pôd musíme:

- zabezpečiť ochranu poľnohospodárskeho územia od záplav,
- odvieť z povrchu a z pôdy prebytočnú vodu,
- znížiť HPV na neškodnú hĺbku,
- udržať v pôde optimálnu vlhkosť pre plodiny.

Výhody odvodnenia pôdy sú predovšetkým v:

- odstránení nadbytočnej pôdnej vlhkosti, ktorá je škodlivá pre plodiny a sťažuje spracovanie pôdy,
- zlepšení prevzdušňovania pôdy,
- dosiahnutí hlbšej pôdnej vrstvy pre korene pestovaných rastlín,
- lepšom využití výživných látok v pôde rastlinami,
- znížení obsahu organických kyselín,
- stimulovaní pôdných baktérií,
- prístupnosť pôd,
- včasnom spracovaní pôdy a sejbe plodín,
- predĺžení doby rastu pestovaných plodín,
- zvýšenej retenčnej kapacity aktívnej vrstvy pôdy v suchých obdobiach,
- lepšej využiteľnej pôdnej vlhkosti.

Oblastné príčiny zamokrenia vyplývajú z daných poveternostných a podnebných pomerov a najmä z výskytu zrážok na určitom území. Príčinou zamokrenia býva aj nevhodné časové rozdelenie zrážok počas roka a v jeho obdobiach.

Miestne príčiny zamokrenia môžu byť:

- povrchové a dažďové vody nahromadené v kotlinách bez možnosti odtoku, na rovinatých územiach s nepatrným sklonom v ťažkých, nepriepustných ílovitých pôdach,
- vysoká hladina podzemnej vody spôsobená vsakovaním a hromadením zrážkových vôd do pôdy s nepriepustným dnom bez podzemného odtoku,
- cudzie povrchové alebo podpovrchové vody pritekajúce z vyšších polôh – voda z horských potokov alebo bystrín, ktorá sa pri povodniach vylieva z korýt, príp. podpovrchová voda pohybujúca sa vodonosnými vrstvami, ktorá presycuje vrchné pôdne horizonty a miestami vyviera na úpätí svahov ako občasné pramene,
- neupravené vodné toky,
- umelé stavby na vodných tokoch (hate, hrádze a pod.), ktoré môžu spôsobiť zamokrenie územia vzdúvaním hladiny nad úroveň príľahlého územia.

Na základe poznania príčiny zamokrenia pôdy môžeme zvoliť vhodný spôsob odvodnenia územia (Tab. 3.1).

Tab. 3.1 Zdroje zamokrenia a spôsob odvodnenia týchto plôch

Zdroj zamokrenia	Prejav zamokrenia	Spôsob odvodnenia
vysoká hladina vody v toku	vysoká HPV	úprava toku, retenčná nádrž, zlepšenie odtokových pomerov alebo prevádzky nádrže, záchytné drény, plošná drenáž
záplava	zamokrenie povrchové alebo vysoká HPV	úprava prietokového režimu toku, záchytné kanály, odvodnenie kanálmi, plošná drenáž
povrchový prítok	zamokrenie povrchové	záchytné drény, plošná drenáž
podzemný prítok	vysoká HPV	záchytné drény, plošná drenáž
atmosférické zrážky	zamokrenie povrchové, vysoká HPV	agrotechnické a agromelioračné opatrenia, ojedinelá a plošná drenáž
vody artézske	kapilárna vody, vysoká HPV	plošná drenáž, zníženie piezometrického tlaku
vývery	vysoká HPV, zamokrenie povrchové	ojedinelá drenáž

Odvodnením sa má urýchliť odtok vody z povrchu a z vnútra pôdy a nemá spôsobiť nadmerné vysušenie pôdy v letnom období. Potrebu odvodnenia územia riešime s ohľadom na zdroj vody, ktorým môžu byť vonkajšie alebo vnútorné vody územia. Vonkajšie vody pritekajú z okolitého územia povrchovou alebo podpovrchovou cestou. Je to voda pritekajúca z vyššie položených území alebo voda presakujúca hrádzami alebo podložími. Vnútorné vody sú povrchové a podpovrchové vody riešeného územia.

3.1 Hlavné odvodňovacie stavby

Hlavné odvodňovacie zariadenia vytvárajú základnú infraštruktúru, a tým aj podmienky na fungovanie podrobných odvodňovacích zariadení.

Hlavné odvodňovacie zariadenia sú:

- kanále – odvodňovacie, záchytné, odl'ahčovacie, obvodové, ktorých úlohou je zachytiť a neškodne odviezť, príp. priviezť vodu,
- ochranné nádrže na zachytenie časti alebo celého povodňového prietoku,
- ochranné hrádze na ochranu objektov a zariadení pred veľkými vodami,
- odvodňovacie čerpacie stanice.

Odvodňovacie kanály sú určené k odvádzaniu prebytočnej vody z krajiny. Navrhujú sa so zreteľom na územné a poľnohospodársko-výrobné pomery, lesné hospodárstvo, požiadavky ochrany a tvorby životného prostredia, riešenie podrobného odvodnenia a protieróznej ochrany, vlastnícke pomery a pod. Väčšinou sa navrhujú ako otvorené korytá, výnimočne ako uzavreté.

Hlavný odvodňovací kanál sa navrhuje v sklone 0,5 – 1 ‰, vedľajšie 0,2 – 0,3 ‰. Ak pri návrhu vychádza veľký prirodzený sklon, zmiernujeme ho zaradením prahov, stupňov, sklzov a pod. Pričný profil je zvyčajne jednoduchý lichobežník, príp. dvojité lichobežník. Svahy kanála sú zatrávňované alebo mačínované, podľa potreby spevňované kamennou alebo betónovou dlažbou a pod. Šírka dna kanála musí byť min. 0,5 – 0,6 m. Ďalšie rozmery kanála dimenzujeme podľa veľkosti predpokladaného prietoku vody.

Hydraulický výpočet odvodňovacieho kanála spočíva v:

- stanovení charakteru prúdenia (riečne, bystrinné), návrhu a posúdení kapacity koryta,
- výpočtu merných kriviek kanálu, strednej prierezovej rýchlosti, hladín návrhového prietoku,
- výpočtu kritických rýchlostí, návrhu a posúdení druhu a spôsobu opevnenia kanálu,
- výpočte kapacity profilov mostov a priepustov, stanovení rozsahu vzdutia vyvolaného mostmi a inými objektmi,
- výpočte vývarov, stupňov, sklzov, regulačných objektov vrátane vypracovania merných charakteristík,
- stanovení vplyvu výšky hladiny v kanále na úroveň HPV v jej okolí,
- posúdení vplyvu kanálu na prítoky, zaústenie, okolité objekty a stavby.

Trasa odvodňovacieho kanálu je vedená najnižšími miestami odvodňovaného územia a je potrebné ju prispôbiť miestnym podmienkam, komunikáciám, stavbám a iným objektom. Kanály sa začleňujú do komplexného usporiadania pozemkových úprav. Kanály sú zaúst'ované do recipientu gravitačne, pokiaľ to nie je možné dosiahnuť, budujú sa čerpacie objekty alebo ich kombinácia (časť gravitačne, časť čerpaním).

Úlohou záchytných kanálov je zachytávať a neškodne odvádzat' cudzie vody pritekajúce na záujmové územie z vyšších polôh. Navrhujú sa po obvode odvodňovaného územia, najčastejšie na úpätí svahov, z ktorých voda priteká.

Odl'ahčovacie kanály odvádzajú z vodného toku prechádzajúceho záujmovým územím časť povodňového prietoku, ktorý by inak spôsobil záplavy, pričom v mieste odbočenia

odľahčovacieho kanála musí byť vybudovaný rozdeľovací objekt, ktorý umožní požadované rozdelenie prietoku.

Ochranné nádrže slúžia na zachytenie vrcholovej časti povodňových prietokov a na ich akumuláciu počas určitej doby. Môžu byť:

- retenčné – voda sa vypúšťa ihneď po znížení prietoku v recipiente,
- akumulačné – voda sa v nádrži zdrží dlhší čas,
- polder – tzv. suchá nádrž.

Odvodňovacie čerpacie stanice sú navrhované v prípadoch, keď nie je možné zaistiť gravitačné odvedenie vody zo záujmovej (chránenej) plochy. Najčastejšie je to na nížinách (nedostatočný sklon), pri prečerpávaní vody z bezodtokových kotlín a území, z územia chráneného hrádzami, z depresí po banskej činnosti, pri zakladaní stavieb pod úroveň HPV a pod. V podmienkach Slovenska ich môžeme nájsť napr. v Dolných Lefantovciach, Strede nad Bodrogom.

3.2 Podrobné odvodňovacie zariadenia

Sú určené na zachytenie a odvedenie vonkajších a vnútorných povrchových a podpovrchových vôd, ktoré spôsobujú zamokrenie. Zariadenia podrobného odvodnenia (odvodňovací detail) podľa spôsobu prevedenia a použitia technológie delíme na:

- biologické – využívajú priaznivé vlastnosti vegetácie na zníženie zamokrenia, stabilizáciu krajiny a pod.,
- technické – stavby a zariadenia regulujúce vodný režim,
- hydropedologické – sú opatrenia zamerané na vytvorenie optimálnych podmienok k intenzívnemu vsaku do pôdy a prevedení do hlbších horizontov,
- kombinované – využívajú kombináciu jednotlivých spôsobov.

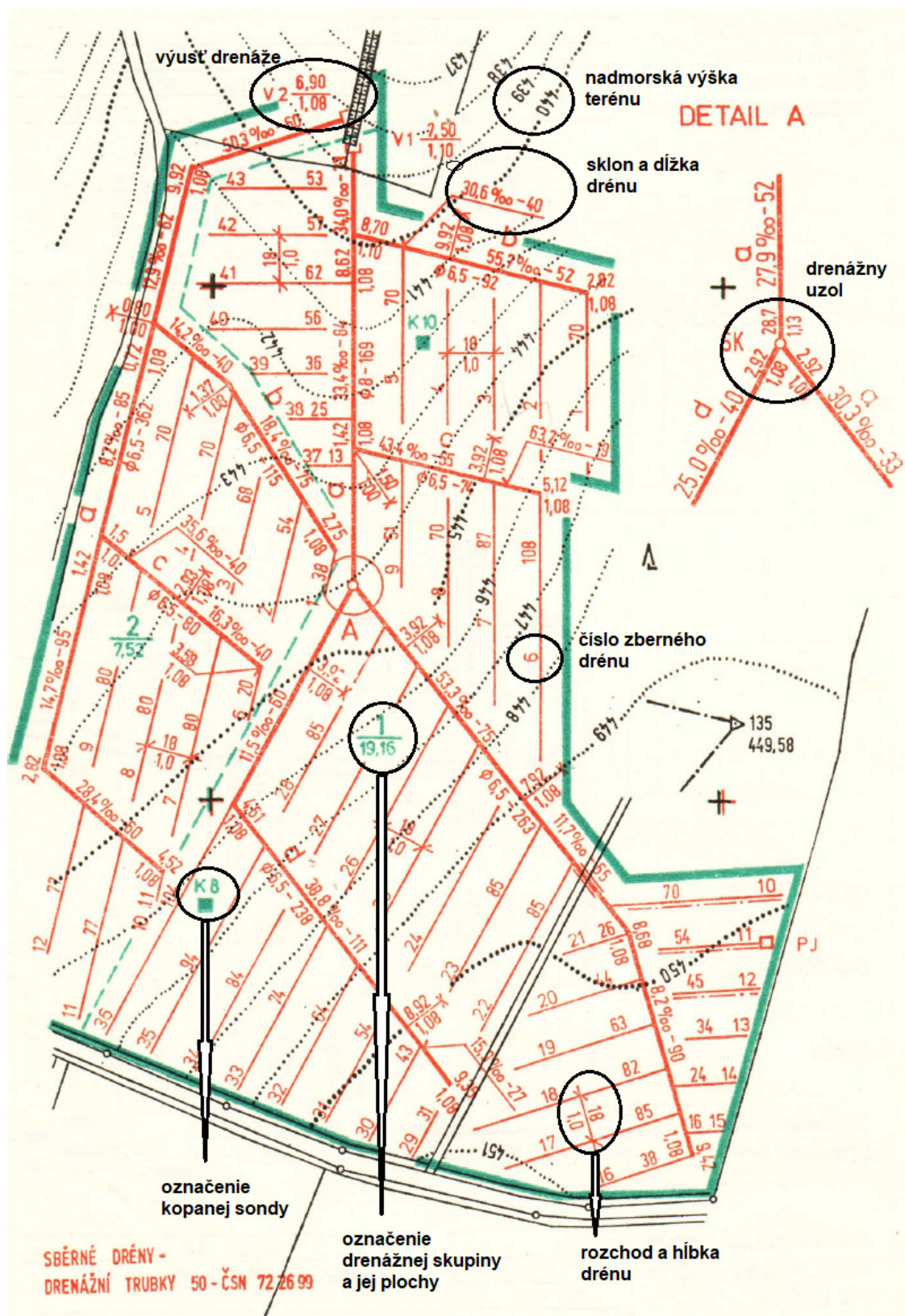
Podrobné odvodňovacie zariadenia technického charakteru tvoria:

- záchytné priekopy, záchytné drény, odvodňovacie priekopy jednotlivé aj plošné sústavy,
- horizontálna sporadická drenáž, pramenné vývery a pod.,
- horizontálna plošná (systematická) rúrková drenáž (Obr.3.3),
- vertikálna drenáž rôzneho usporiadania.

3.2.1 Odvodnenie drenážou

Podpovrchové odvodnenie sa zväčša buduje ako horizontálna drenáž zhotovená najčastejšie z perforovaných drenážnych rúrok z PVC, ktoré sa umiestňujú do určitej hĺbky od povrchu.

Drenáž sa používa pri zamokrení územia povrchovou či podzemnou vodou, výveroch podzemnej vody, prítokoch podzemnej vody zo susedných oblastí, zvýšení HPV hladinou vody vo vodnom toku, pri krátkodobom až dlhodobom zamokrení tam, kde z dôvodu obrábania nesmie byť porušená celistvosť pozemkov a pod.



Obr. 3.3 Ukážka projektu podpovrchového odvodnenia s pomenovaním vybraného označenia; zelená plná línia – hranica drenážnej sústavy (odvodňovaného územia), zelená prerušovaná línia – hranica drenážnej skupiny

Zberné drény (tenká červená čiara na (Obr.3.3) zbierajú a odvádzajú vodu zo zamokreného územia, čím plnia hlavnú hydraulickú funkciu drenážnej siete a ústia do zvodného drénu, s ktorým tvoria drenážny súrad. Drenážna skupina je tvorená zbernými a zvodnými drénmi patriacimi k jednému drenážnemu výpustu (tenká zelená čiarkovaná čiara na (Obr. 3.3).

Zvodné drény (hrubá červená čiara na (Obr. 3.3) ústia do odvodňovacích kanálov. Ojedinelá (sporadická) drenáž odvádza vodu z miestneho, plošne obmedzeného zamokrenia. Plošná drenáž je tvorená systémom zvodných a zberných drénov spojených do drenážnych skupín s drenážnou výusťou a spolu tvoria drenážnu sústavu (hrubá zelená čiara na (Obr. 3.3)

Všetky relevantné informácie sú zaznamenané v projekte k odvodneniu. V projekte je uvedený rozchod medzi kanálmi alebo drénmi, ich hĺbka, sklon a dĺžka. Ďalej je uvedené umiestnenie a číslo kopaných sond pre pôdneho rozboru, číslo a plocha drenážnej skupiny (Obr. 3.3).

Staničenie objektu začína na najnižšom bode a postupuje sa smerom proti prúdu vody. Ľavý a pravý breh otvoreného kanála sa určuje postojom čelne k smeru prúdu.

Návrh základných parametrov stavby zahŕňa:

- stanovenie požadovanej intenzity odvodnenia (v závislosti na pestovaných plodinách, stanovištných, hydropedologických, hydrologických, klimatických podmienkach),
- ochranu drenážneho potrubia pred zanášaním a zarastaním pomocou použitia napr. geotextílie, do ktorej je potrubie ovinuté,
- zaistenie stability uloženia drénu.

Základné návrhové parametre drenáže sú:

- rozchod drenáže (kolmá pôdorysná vzdialenosť dvoch drenážnych prvkov),
- hĺbka drenáže (vzdialenosť dna drenážneho prvku od povrchu terénu),
- intenzita drenáže (je charakterizovaná dobou odvodnenia v dňoch a zabezpečenosťou v rokoch).

Dimenzovanie podpovrchovej rúrkovej drenáže sa realizuje na základe vypočítaného špecifického drenážneho odtoku (q), ktorý vypočítame zo vzťahu:

$$q = \frac{p \cdot H_z}{8,64 \cdot T} [l \cdot s^{-1} \cdot ha^{-1}]$$

kde p – súčiniteľ vsakovania závislí od sklonu územia (Tab. 3.2), H_z – výška zrážok za $\frac{1}{4}$ roka v mm, T – čas, za ktorý má byť odvedená voda v dňoch, 8,64 – prepočítavací koeficient časových údajov.

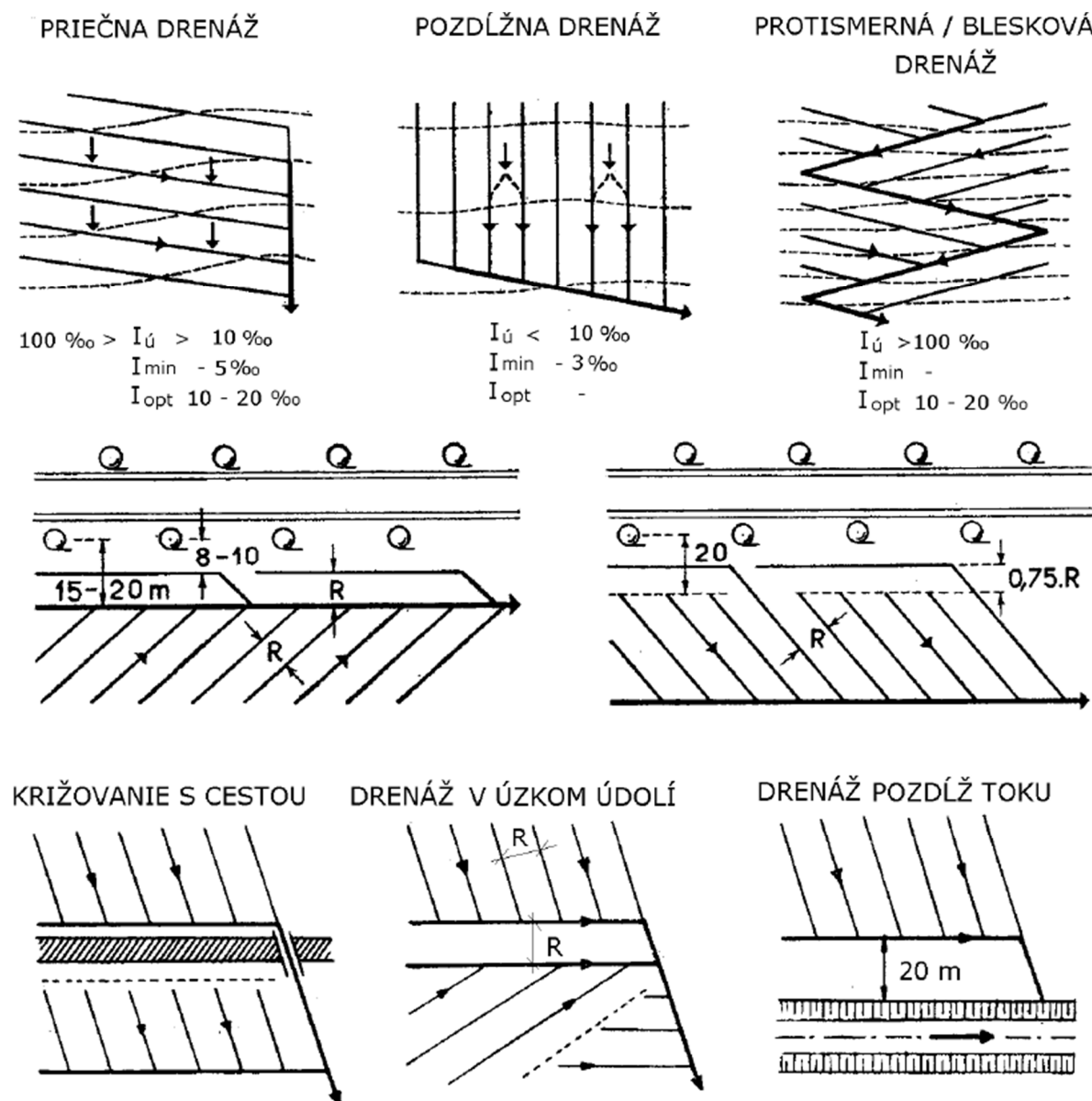
Tab. 3.2 Súčiniteľ vsakovania

Sklon územia, %	0 – 2	2 – 8	8 – 14	14 – 20	20 – 27	27 – 35
Súčiniteľ vsakovania	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25

Hĺbka a rozchod drénov je daná ročným úhrnom zrážok, pôdnym druhom, sklon a spôsobom využívania územia. Hĺbka zberných drénov je zvyčajne na ornej pôde 0,8 – 1,3 m, na lúkach 0,8 až 1,0 m, v sadoch, viniciach a chmeľniciach min. 1,3 m. Zberné drény nesmú križovať železnice, cesty, frekventované hospodárske cesty, vodné toky, kanály a pod. Drén potrubnej drenáže pôsobí do vzdialenosti polovice rozchodu drénov, koniec drénu do vzdialenosti štvrtiny rozchodu. Drenážne výpuste ústia min. 0,2 až 0,3 m nad dno recipientu.

Optimálny pozdĺžny sklon zberných drénov je 10 až 20 ‰, min. sklon sú 3 ‰. Zberné drény sa zaústňujú do zvodných drénov zhora. Ich rozchod sa určuje výpočtom.

Trasa zvodných drénov má viesť v čo najdlhších priamych úsekoch v najnižších miestach územia. Hĺbka uloženia závisí na hĺbke uloženia zberných drénov, je väčšia minimálne o vnútorný priemer zvodného drénu. Maximálna rýchlosť prúdiacej vody pri návrhovom prietoku je $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ v potrubí z pálenej hliny, v plastovom potrubí 2 m.s^{-1} . Zvodné drény musia byť rozdelené šachtami na kratšie úseky – optimálne do 200 m, max. 400 m.



Obr. 3.4 Druhy systematickej drenáže; R – rozchod drenáže

Zberné drény sú navrhované:

- pozdĺžne (v smere prúdenia podzemnej vody) pri sklone terénu 0,3 až 1 % s dĺžkou 100 až 120 m, smer zberných drénov je rovnobežný so sklonom územia (kolmo na priebeh vrstevníc),
- priečne (priečne na smer prúdenia podzemnej vody) pri sklone terénu nad 1 % s maximálnou dĺžkou drénov 120 až 150 m, zberné drény idú naprieč sklonu územia šikmo k vrstevniciam, sú zaústené pod uhlom 30 – 60°,
- v umelom sklone pri sklone terénu do 0,3 %, optimálny pozdĺžny sklon drénov je 1 až 2 % s dĺžkou do 100 m,
- protismerná (blesková) drenáž – používa sa pri veľkých sklonoch nad 10 % (Obr. 3.4).

Podľa použitého materiálu rozoznávame drény z pálenej hlíny, plastové (PVC, PE), betónové, drevené (z guľatiny alebo zväzkov prútia), kamenné. Pre zvýšenie účinnosti a ochranu plastového potrubia pred zanášaním sa používajú trvalé (netkané textilie zo syntetických vlákien) alebo dočasné (napr. slamené rohože) obalové filtre.

Kamenné drény majú spodnú časť drenážnej ryhy vyplnenú do výšky 30 až 40 cm kameňom, zhora sú chránené pred upchaním zeminou, príp. sa robí trojuholníkový alebo pravouhlý kanál obložený drobným kameňom.

Zemné drény sa nechávajú bez vystužovacieho materiálu a budujú sa v ťažkých pôdach alebo súdržnej rašeline.

Medzi zvláštne spôsoby odvodnenia zaraďujeme:

- krtičiu drenáž – zhotovujú sa strojne krtičím pluhom; používajú sa väčšinou ako zberné drény s dĺžkou do 100 m a vyúsťujú do zvodných priekop a zvodných drénov, pričom koniec krtičieho drénu sa stabilizuje drenážnymi rúrkami,
- križovú (dvojetážovú) drenáž – používa sa predovšetkým k odvodneniu ťažkých pôd v oblastiach s nadbytkom dažďových zrážok a málo priepustnou podorničnou vrstvou, kde odvodnenie bežnou drenážou nepostačuje; skladá sa z riedkej siete trubkovej drenáže uloženej v hĺbke 0,9 až 1,1 m s rozchodom tri až päťkrát väčším ako je bežne, naprieč tejto drenáže v hĺbke 0,6 – 0,8 m je vybudovaná druhá drenáž (napr. krtičia),
- regulačnú – jej úlohou je optimálna regulácia HPV, vodného a vzdušného režimu pôdy, čiastočná retardácia odtoku drenážnych vôd; v dobe nadbytku vody plní funkciu odvodňovaciu, v dobe nedostatku sa využíva na závlahu; na jej vybudovanie sú potrebné podmienky – rovinaté územia, priemerná priepustnosť pôdy, kolísanie HPV do 2 m.
- prevzdušňovaciu – má zlepšiť odvodňovaciu schopnosť drenáže dobrým prevzdušením pôdy,
- navlažovaciu – odtok vody je v prípade potreby zastavený a využíva sa k navlaženiu pôdneho profilu,
- vertikálnu (zvislú) – skladá sa z drénov upravených ako vrty alebo studne, v ktorých sa zhromažďuje gravitačná pôdna voda; infiltračná, čerpacia,
- kombinovanú – kombinácia vertikálnej a horizontálnej,
- záchytnú – jednotlivé drény v najnižších miestach územia,
- štrbinovú – funkcia zberných drénov; štrbina je vyplnená štrkopieskom bez rúrkového drénu alebo s rúrkovým drénom.

Na zaistenie dostatočnej funkčnosti drenážnych systémov je potrebné doplniť potrubné systémy objektmi na drenáži. Drenážne objekty na drenážnej sústave sú drenážne šachty, drenážne výpuste a zvláštne objekty – križovanie s vodným tokom, cestou a pod.

Drenážne šachty slúžia na údržbu, kontrolu funkcie a bezporuchovú prevádzku drenážneho systému. Normálne drenážne šachty sú umiestnené v miestach s náhlou zmenou smeru, sklonu, pri sútoku viacerých zvodných drénov. Kontrolné (revízne) šachty sú umiestňované tam, kde je to potrebné pre bezchybnú prevádzku a údržbu systému. Spádové šachty sú v miestach potreby prekonania veľkého výškového rozdielu zvodných drénov. Vetracie šachty sa používajú pri odvodnení ťažkých pôd na prevzdušnenie drenážnej siete.

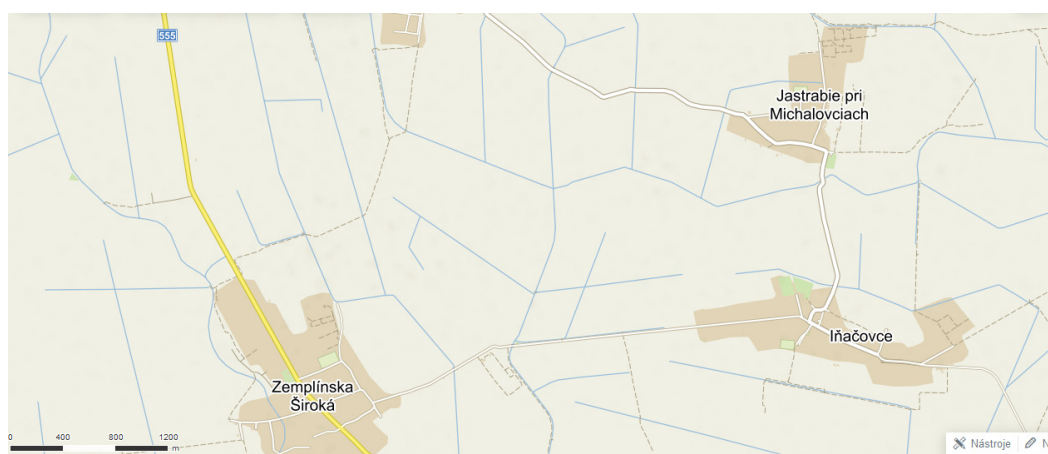
Drenážne výpuste (Obr. 3.3) zaisťujú odtok vody do recipientu tak, aby nedochádzalo k erózii svahu či dna recipientu. Zaústené sú kolmo alebo mierne šikmo na os recipientu min. 20 – 30 cm nad dnom.

3.2.2 Odvodnenie priekopami

Priekopové odvodnenie sa navrhuje s ojedinelými priekopami alebo sústavou zberných a zvodných priekop:

- pre rýchle odvedenie povrchových vôd – záchytné priekopy,
- k odvodneniu pri nedostatočnej hĺbke recipientu a malom sklone odvodňovaného územia (do 0,1 %),
- v územiach s výskytom podzemných vôd s vysokým obsahom zlúčenín železa,
- pri odvodňovaní lesných pôd v inundácii riek a pri odvodnení svahových území,
- pri odvodňovaní dna rybochovných nádrží pred odbahňovaním,
- ako dočasné zariadenie na zachytenie a rýchle odvedenie vody.

V súčasnej dobe sa používa odvodnenie priekopami len pre dočasné rýchle odvodnenie povrchových vôd v údolných nivách, pri odvodnení menej hodnotných pôd – rašeliniská a močiarne pôdy. Povrchová odvodňovacia sieť je tvorená zbernými priekopami, ktoré ústia do zvodných priekop (Obr. 3.5), tie potom do vedľajších odvodňovacích kanálov, príp. do recipientu.



Obr. 3.5 Územie odvodnené priekopami na Východoslovenskej nížine (www.mapy.cz)

Trasa priekop je priamková (Obr. 3.6), zberné priekopy sú navzájom rovnobežné so sklonom dna 1 až 10 ‰. Hĺbka zberných priekop je pri odvádzaní povrchovej vody približne 0,4 – 0,8 m, v prípade, že ide o zníženie HPV, tak aj väčšia. Dĺžka zberných priekop býva 100 až 300 m, dĺžka zvodných priekop môže byť pri vhodnom sklone aj 1,5 km, častokrát aj viac.



Obr. 3.6 Odvodňovacia priekopa na Záhorí (Foto: Kaletová)

Zvodná priekopa je v najnižšom mieste územia s hĺbkou minimálne 0,2 m pod dnom zberných priekop, sklon je daný sklonom nivy, min. 0,03 ‰ (nebezpečenstvo zanášania), zaústenie do recipientu v priamom úseku alebo v konkávnom brehu pod uhlom 45° až 60°. Rozchod jednotlivých zberných priekop závisí od účelu odvodnenia a na vlastnostiach pôdy, na poliach 30 až 40 m, na lúkach 60 až 200 m. Pre zaústenie je niekedy potrebné vybudovať prečerpávacie stanice na prekonanie rozdielu medzi dnom kanála a recipientom, ktorým býva zvyčajne rieka.

Nevýhody odvodnenia priekopami:

- zaberanie obrábateľnej pôdy,
- ťažká prístupnosť a obrábateľnosť územia,
- vyžadujú časté a dôsledné čistenie a údržbu.

3.3 Využitie odvodňovacích systémov na zavlažovanie

Zaistenie optimálneho vodno-vzdušného režimu pôd pre rastliny vyžaduje systémy regulácie vody v pôde, ktoré v obdobiach nadbytku vodu odvádzajú a v obdobiach nedostatku vodu dodávajú. V určitých špecifických podmienkach je možné rekonštrukciou klasických drenážnych systémov s doplnením o funkciu retardácie (uzatvorenia) drenážneho odtoku alebo obojstrannou reguláciou hladiny podzemnej vody dosiahnuť zavlažovací účinok.

Regulačná drenáž je stavebne upravená drenáž, umožňujúca využitie obojstrannej funkcie drénov na ovládanie úrovne hladiny podzemnej vody, a tým aj na optimalizáciu vlhkostného

režimu v koreňovej zóne pôdy. Je to vlastne prevádzkovo ovládateľný systém (regulačných) drénov, umožňujúcich podľa potreby znižovanie alebo zvyšovanie úrovne HPV, resp. jej udržiavanie na požadovanej úrovni tým, že do systému regulačnej drenáže sa privádza voda z vodného zdroja pod tlakom. Alternatívou je v určitých vzdialenostiach na zvodných drénoch osadiť vzdúvacie ventily umožňujúce po uzatvorení navlažovanie profilu podzemným podmokom. Regulačná drenáž umožňuje teda nielen klasicky pojatú jej odvodňovaciu funkciu, ale aj zavlažovanie pôdy jediným podpovrchovým, prevádzkovo ovládateľným hydromelioračným zariadením. Pomocou regulačnej drenáže sa môže regulovať úroveň HPV medzi hĺbkou uloženia drénov a povrchom pôdy.

Z prevádzkového hľadiska regulačná drenáž pomocou zabudovaných regulačných objektov umožňuje:

- znižovanie HPV vo fáze odvodnenia pôdneho profilu,
- zvyšovanie HPV tlakovou infiltráciou z drénov do pôdy – prechod k závlahovej funkcii drenážneho systému,
- udržiavanie HPV v súlade s potrebou vody v pôdnom profile.

Prednosti použitia dvojúčelovej regulačnej drenáže, spočívajúce hlavne:

- vo využití jedného systému pre odvodnenie aj závlahu, čo má primeraný ekonomický efekt v znížení investičných nákladov,
- voda sa odvádza a dodáva do pôdy pohotovo, nezávisle na klimatických podmienkach a poľných prácach,
- v znížení, príp. úplnom vylúčení spotreby energie,
- v jednoduchšej prevádzke s možnosťou zavedenia vysokého stupňa automatizácie,
- v znížení požiadaviek na pracovné sily v porovnaní napr. s postrekom,
- vo vytvorení vhodných podmienok pre agrotechnické práce a použitie mechanizačných prostriedkov,
- v priaznivej možnosti rovnomerného navlhčenia vegetačnej pôdnej vrstvy, nepoškodzuje sa pôdna štruktúra, pôda sa nezabahňuje, netvorí sa prísušok, znižuje sa neproduktívny výpar v porovnaní s postrekom atď.

Alternatívou je vybudovanie drenážnej sústavy s vybudovanými šachtami, ktoré umožňujú vzdúvať vodu a retardovať drenážny odtok. V šachtách sú umiestnené regulačné prvky, ktoré vzdúvajú vody až do doby, kým dôjde k ich preliatiu, čím zabráňujú odtoku vody z drenáže. Systém môže byť dvojetážový uložený nad sebou, pričom v dolnej etáži sú odvodňovacie rúrky v hĺbke 1 – 1,4 m pod terénom a nad nimi v polovici rozchodu sú zavlažovacie drény v hĺbke 0,8 – 1 m pod terénom. Na oboch sieťach sa nachádzajú vzdúvacie objekty.

Pre možnosti obojstrannej regulácie vodného režimu pôd by sa mala pozornosť venovať aj možnému využitiu odvodňovacej kanálovej siete pre účely tvorby líniových vodných zdrojov pre závlahu, ako aj možnosti využitia existujúcej drenáže na jej stavebnú úpravu s cieľom vytvorenia podmienok na spätné vzduť vody v drenážnej sieti.

Pri riešení návrhov danej problematiky je v súčasnosti možné využívať nové technológie a prostriedky (GIS, výpočtové modely) na stanovenie možných pozitív, resp. negatív a vytvoriť tak alternatívne podklady pre možné korekcie pri rozhodovacom procese ďalšieho využívania existujúcich odvodňovacích systémov (Rehák et al., 2015).

4 Malé vodné nádrže

Najvšeobecnejšie je vodná nádrž definovaná ako umele alebo prirodzene vytvorený priestor, ktorý sa v obecnej závislosti na čase plní a prázdni vodou (vodojem, jazero, bazén ...). Presnejšie je to umelým zásahom vytvorený vodný objekt určený na hromadenie (zachytávanie) vody, ktorý sprostredkuje a vyrovnáva nerovnomernosti medzi prítokom vody do nádrže a odberom (výtokom) vody z nej. Pre našu oblasť strednej Európy sú dôležité definície vychádzajúce od českých autorov, predovšetkým od prof. Jůvu. Názvom malá vodná nádrž (MVN) sa súhrnne označujú umelé nádrže s menšou hĺbkou, menším objemom a menšou zatopenou plochou, ktoré slúžia rôznym vodohospodárskym účelom. Zriaďujú sa vo vhodných terénnych polohách, väčšinou pomocou zemných hrádzi a upravujú sa tak, aby sa dali ovládať pri napúšťaní a vypúšťaní vody a v regulácii výšky jej hladiny. Charakteristické znaky, podľa ktorých sa malé vodné nádrže navzájom rozlišujú a líšia sa v stavebnom usporiadaní, sú ich účelové funkcie, spôsoby zásobovania vodou a polohové umiestnenie.

Podľa normy STN 73 6824 Malé vodné nádrže sú MVN tie, ktoré spĺňajú podmienky:

- objem nádrže po hladinu ovládateľného priestoru nie je väčší ako 2 mil. m³,
- najväčšia hĺbka nádrže nepresahuje 9 m, pričom sa neberú do úvahy rôzne miestne preliačiny dna, hĺbka a koryta napájacieho toku a pod.,
- storočný prietok (Q_{100}) v profile hrádze nie je väčší ako 60 m³.s⁻¹.

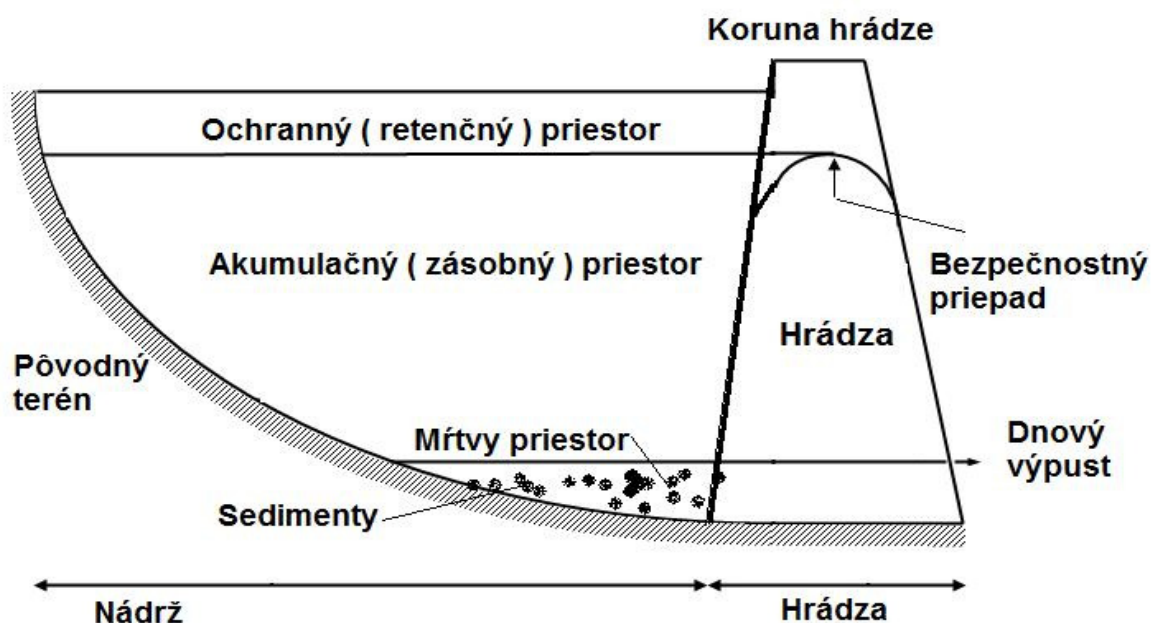
Zdroj vody pre nádrž, jeho výdatnosť a časové kolísanie predurčuje charakter plánovanej nádrže. Tresová (1977) uvádza ako zdroje vody:

- dažďovú vodu (vytvára tzv. nebeské nádrže) – povrchovú vodu rozptýlenú z povodia, ktorá odteká len na jar alebo počas výdatných zrážok,
- pramenitú vodu – podzemná alebo drenážna voda, zvyčajne málo výdatný ale celoročný zdroj, pričom častokrát je využívaná v rybníkoch a prípadne je zmiešaná s povrchovou vodou,
- povrchovú vodu – najčastejšie využívaný zdroj, pričom ide o sústredený odtok vody z územia vo forme potokov a riek, ktoré pretekajú priamo cez nádrž alebo ju obtekajú,
- odpadovú vodu – môže tvoriť buď jediný zdroj vody (napr. nádrže v rámci čistiarne odpadových vôd) alebo je súčasťou povrchovej vody, do ktorej vtekajú.

Vodné nádrže budujeme najčastejšie na využitie ako:

- zdroj vody pre poľnohospodárstvo, priemysel, mestá a obce,
- chov alebo prechovávanie rýb,
- prirodzený chov husí, kačíc, iného vodného vtáctva,
- zdroj pitnej vody pre chované zvieratá,
- oživenie parkov, záhrad, architektonických a technických úprav krajiny,
- športové alebo rekreačné účely (napr. nádrže pre zasnežovanie v zime),
- zabezpečenie požiarnej alebo úžitkovej vody,
- čistenie odpadových vôd,
- pestovanie vodných alebo mokradných rastlín pre následné využitie.

Všetky tieto nádrže okrem svojho technického účelu vytvárajú aj biotopy pre život stoviek druhov rastlín a živočíchov.



Obr. 4.1 Priestory MVN

Členenie priestoru nádrže:

- stály (mŕtvy) – medzi dnom nádrže a najnižšou prevádzkovou hladinou, vypúšťa sa len výnimočne,
- zásobný (akumulačný) – nad stálym priestorom, ovládaný odberným zariadením,
- ochranný (retenčný) – obmedzený najvyššou hladinou v nádrži, odtok zabezpečuje bezpečnostný priepad (Obr. 4.1).

Priestor stáleho nadržania (stály) sa nevyužíva na normálnu prevádzku. Dost' často sa s ním uvažuje pri závlahových nádržiach. Nie však z tohto dôvodu, že by sa ako typický priestor stáleho nadržania u veľkých nádrží nemal vypúšťať, ale dôvodom tu býva vyššie umiestnenie minimálnej prevádzkovej hladiny v súvisi s umiestnením odberných zariadení, zachovanie určitého objemu potrebného na prezimovanie menšej osádky rýb, zabezpečenie vyžadovanej akosti vody a pod. Pri intenzívne využívaných rybníkoch je tento priestor vylúčený.

Zásobný priestor (akumulačný) slúži na nadlepšovanie prietokov a zaistenie odberov vody z nádrže počas obdobia jej nedostatku v toku. Je základným priestorom všetkých akumuláčných nádrží, a preto i po objemovej stránke tvorí hlavnú zložku celkového objemu nádrže. Pre určenie jeho objemu je rozhodujúce kritické obdobie nedostatku, kedy je prietok v toku menší ako požadovaný odber. Pri rybníkoch siaha obyčajne až po dno.

V hornej časti zásobného priestoru, medzi korunou bezpečnostného priepadu a o niečo nižšie položenou hradiacou stenou výpustného objektu, môžeme vytvoriť niekoľko cm hlboký rezervný priestor. Jeho účelom je zachytávanie prítoku z letných dažďov, ktorým možno čiastočne nahradiť straty výparom, prípadne trvalo nadlepšovať odtok z nádrže.

Ochranný priestor (retenčný) sa u prevažnej väčšiny malých nádrží buduje ako neovládateľný. Je vymedzený najvyššou prevádzkovou hladinou a maximálnou hladinou, ktorá sa dosiahne pri prietoku návrhovej povodne nádržou. S transformačným účinkom retenčného priestoru na povodňovú vlnu sa ráta iba vtedy, keď sú k dispozícii presnejšie hydrologické podklady.

Objemy jednotlivých priestorov a výmery im prislúchajúcich zatopených hladín zisťujeme pomocou charakteristík nádrže.

4.1 Funkcie malých vodných nádrží

Malé vodné nádrže plnia niekoľko funkcií, ako:

- zásobná – vytvára pohotovú zásobu vody v dobe nadbytku a jej využívanie v dobe nedostatku na zásobovanie obyvateľstva, poľnohospodárstva, malého priemyslu,
- ochranná – zachytenie, príp. transformácia povodňového prietoku,
- hospodárska – využívanie vody v poľnohospodárstve a iných odvetviach hospodárstva, vytváranie vodného prostredia na chov rýb a vodnej hydiny, pestovanie vodných rastlín a pod.,
- ekologická a krajinotvorná – ovplyvňovanie mikroklimy, riadenie HPV, vytváranie priaznivých stanovištných podmienok, priaznivé ovplyvnenie biologickej funkcie krajiny, jej vzhľadu a celkovo ekologickej rovnováhy,
- hygienická – spočíva v zachytení a postupnom zneškodňovaní zloženia vody a jej dočistení s využitím prírodných biologických spôsobov čistenia vo vodnom prostredí nádrže,
- asanačná – zameraná na premenu plôch narušených ťažbou surovín, výstavbu a pod. vo viacúčelových nádržiach s rybochovným a iným účelom,
- rekreačná – využívanie na kúpanie, vodné športy, liečenie...,
- estetická – využívanie estetických vlastností nádrže,
- zachytenie a využitie dažďových vôd vo vidieckej zástavbe.

4.2 Rozdelenie malých vodných nádrží

Väčšina nádrží v krajine je viacúčelová. Z hľadiska ich hlavnej vodohospodárskej funkcie rozoznávame základné typy (Tab. 4.1):

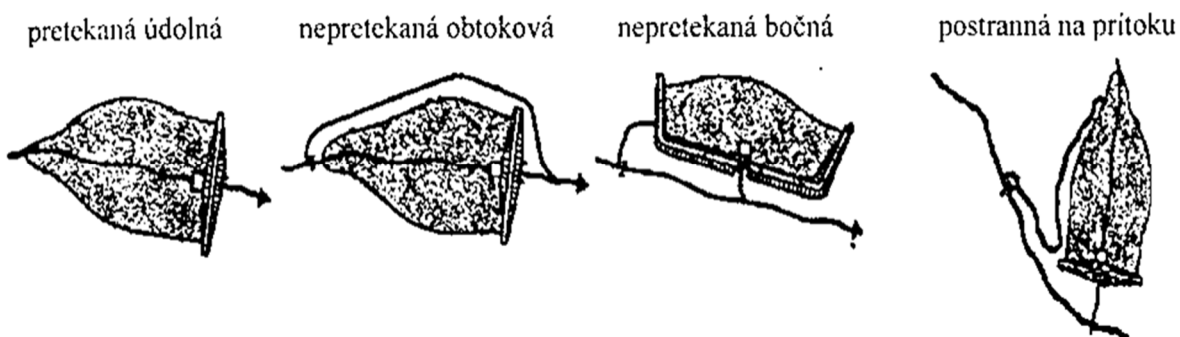
- zásobné (akumulačné) – akumulujú prebytky prietokov v zásobnom priestore, ktorými kryjú potrebu vody v čase jej nedostatku,
- ochranné (retenčné) – zachytávajú škodlivé prebytky vôd pri povodniach a po prechode povodní sa ich ochranný priestor postupne úplne vyprázdňuje,
- viacúčelové – spájajú zásobnú a ochrannú funkciu.

Tab. 4.1 Rozdelenie nádrží podľa funkcie (Pokorný, 2009)

Základný typ nádrže	Podrobný typ nádrže
zásobná	vodárenská pre pitnú a úžitkovú vodu závlahová energetická kompenzačná a zálohová retardačná a aktivizačná
ochranná	poldre a (polo)suché nádrže akumulácia a protierózna dažďová a infiltračná
rybníky	trece plôdiové plôdiové výťažníky 1. rádu plôdiové výťažníky 2. rádu výťažníky hlavné rybníky komory a špeciálne komory matečné rybníky manipulačné rybníky sádky karanténne nádrže akvakultúry
stabilizačná	biologická aeróbna biologická anaeróbna dočist'ovacia biologická s osádkou rýb chladiaca alebo predhrievacia usadzovacia
hospodárska	pre chov vodnej hydiny protipožiarna napájacie a plavebná výtopová zdrž
asanačná	vyhni'vacia lagúna, vyhni'vacie jazero rekultivačná
krajinotvorná a nádrž na ochranu biotopov	okrasná revitalizačná a refugia umelá mokrad'
rekreačná	prírodná nádrž s osádkou rýb umelé kúpalisko nádrž pre vodné a plážové športy

Podľa vzťahu ku zdroju vody delíme malé vodné nádrže na:

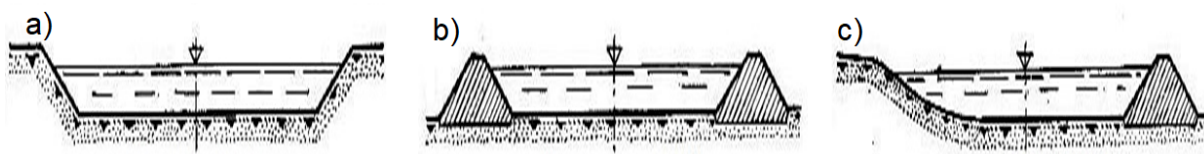
- pretekané – umiestnené priamo na toku,
- nepretekané – umiestnené vedľa toku, z ktorého sú zásobované vodou,
- postranné – vybudované na prítoku, ale s prívodom vody aj z hlavného toku (Obr. 4.2).



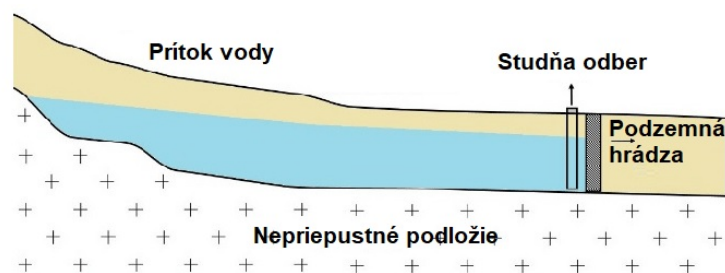
Obr. 4.2 Delenie MVN podľa vzťahu ku zdroju vody

Z hľadiska výškového umiestnenia (Obr. 4.3):

- údolné – vznikajú prehradením údolia vodného toku čelnou hrádzou,
- kopané zahĺbené – vznikajú vykopaním priestoru nádrže pod úroveň terénu,
- kopané polozahĺbené – z vykopaného materiálu sa urobia hrádzky a hladina vody siaha nad úroveň terénu,
- hrádzové – vznikajú ohrádzovaním územia, takže ich dno leží v úrovni terénu,
- podzemné – vznikajú prehradením priepustných vrstiev pod terénom až po nepriepustný podklad (Obr. 4.4)



Obr. 4.3 MVN z hľadiska výškového umiestnenia a) kopané zahĺbené; b) ohrádzované c) údolné



Obr. 4.4 Ukážka konštrukcie podzemnej nádrže

Z hľadiska situačného umiestnenia a prírodných podmienok:

- poľné – v údolí medzi obrábanými pozemkami,
- lúčne – situované medzi lúkami,
- lesné – obklopené lesným porastom alebo čiastočne aj kyslými lúkami,
- obecné – ležia priamo v obci alebo na jej okraji.

4.3 Druhy malých vodných nádrží

4.3.1 Rybochovné nádrže, nádrže na chov vodnej hydiny

Keďže chov rýb má veľmi dlhú tradíciu – už Egypťania stavali umelé nádrže na chov rýb – názov rybník sa zaužíval na všetky typy plytkých malých nádrží. V odbornej terminológii sa rybníkom nazýva iba tá malá vodná nádrž, kde hlavnou jej funkciou je chov rýb. Postupným vývojom rybného hospodárstva, ktoré má u nás ale aj v Čechách dlhoročnú tradíciu, sa ustálili tieto druhy rybochovných nádrží – rozmnožovacie, chovné, komorové a sádky. Rozmnožovacie rybníky sú tie, v ktorých sa dopestuje násada. Sú to: trecie rybníky, plôdиковé rybníky a výtážníky. Chovné rybníky, tzv. hlavné, slúžia na vychovanie násady na konzumnú rybu. Komorové rybníky slúžia na prezimovanie a sádky na uskladnenie a prečistenie rýb pred predajom. Do tejto kategórie patria aj rybníky na športový rybolov, ktoré nemusia spĺňať všetky podmienky platné pre rybochovné nádrže.

Chov vodnej hydiny je v prípade vybraných druhov (napr. kačice, husi) možné kombinovať s chovom kapra.

4.3.2 Účelové nádrže

Závlahové nádrže plnia zásobnú funkciu pre potreby miestnej závlahy a ležia mimo zavlažovaného územia. Ich akumulčný objem musí byť taký, aby bol umožnený odber a rozvod vody v časových obdobiach potreby a podľa spôsobu závlahy. Kvalita odoberanej vody (fyzikálne, chemické a biologické požiadavky) musí spĺňať podmienky podľa prílohy NV SR 269/2010 Z. z.

Priemyselné nádrže sú súčasťou vodného hospodárstva podniku. Sú pripojené na vnútorný okruh vody podniku a pri poruche alebo oprave na zásobovacom zariadení (čerpacia stanica, privádzacie kanály, vodovody) slúžia ako náhradný zdroj a taktiež vyrovnávajú odbery. Ďalšími funkciami týchto nádrží je predčisťovanie odpadových vôd z podniku, chladenie a pod.

Požiarne nádrže sa málokedy stavajú ako jednoúčelové, teda slúžiace len ako zdroj vody pre prípad požiaru. Väčšinou túto funkciu preberajú rybochovné, priemyselné alebo ochranné nádrže. Budujú sa zvyčajne na miestach bez iného vhodného zdroja vody. Kapacita vodného zdroja musí zaistiť naplnenie nádrže max. do 36 hodín, najlepšie skôr (Šálek, Kujal, 2016). Musia spĺňať podmienku, že voda v nich neklesne viac ako 4 m pod terén, pokiaľ je voda odoberaná priamo z nádrže bez vybudovaného potrubného pripojenia na odber vody. K týmto nádržiam musí byť vybudovaný spevnený príjazd. Medzi tieto nádrže zaraďujeme aj:

- požiarne zarážky (hate) budované na malých tokoch, ktoré sú konštrukčne upravené ako sklopné hate, pričom koryto môže byť umelo rozšírené,
- kopané studne, ktoré majú výdatný zdroj vody (min. 200 l/min) alebo dostatočnú retenciu napojenú na zdroj,
- špeciálne nádrže s objemom zodpovedajúcim maximálnej požiarnej spotrebe, ktoré musia byť zabezpečené proti zamrznutiu, pričom boky musia byť šikmé, aby ich ľad nepoškodil (Pokorný, 2009).

Asanačné nádrže svojou vodnou plochou zakrývajú hygienicky alebo esteticky poškodené miesta. Napríklad asanujú poddolované územia, zaplavujú rašeliniská a pod. Zvláštnym typom

sú nádrže usadzovacie, ktoré sa budujú nad nádržami, ktoré treba chrániť pred usadzovaním splavenín.

Splavovacie nádrže (klaufúry) tvoria malé vodné nádrže vytvárajúce zásobu vody potrebnú pre vylepšenie prietoku vo vodnom toku pri splavovaní dreva, pričom v súčasnosti sa už na tento účel nevyužívajú. Vertikálnu dopravu dreva zo strmých zalesnených svahov obstarávali drevené žľaby a rizne naplnené vodou, ktorá drevo splavovala. Neskôr sa voda využívala aj na horizontálnu dopravu dreva v bystrinných tokoch, upravených pomocou špeciálnych vodných stavieb – klaufúr. Klaufúry sú zaujímavejšie po stránke konštrukčnej ako vodohospodárskej, keďže ich regulačný účinok bol veľmi nízky. Stavebným materiálom hrádzi týchto nádrží boli miestne materiály ako drevo alebo kameň, vhodne kombinované s hlinou ako tesniacim materiálom alebo maltou. Dodnes sa zachovali len výnimočne, pretože po skončení plnctva stratili svoj význam. Dobrý stav majú klaufúry v obciach Bacúch a Hrončok. Ostatné sú poškodené alebo rozobraté ako napr. pred obcou Korytnica (Obr. 4.5). Z niektorých klaufúr sa zachovala iba pôvodná dokumentácia – napr. pri obci Stošky.



Obr. 4.5 Čiastočne zachovaná klaufúra pri Korytnici (Foto: Jurík)

4.3.3 Nádrže na čistenie vôd

V poslednej dobe majú čoraz väčší význam nádrže, ktoré slúžia na čistenie a dočisťovanie odpadových vôd splaškových a priemyselných. Patria sem napr. biologické rybníky, vyrovnávacie a homogenizačné nádrže, odkaliská a mokré skládky škváry a popolčeka. Môžeme sem zaradiť aj vegetačné (koreňové) čistiarne. Biologické rybníky slúžia na čistenie vody zaťaženej organickým odpadom. Môžeme ich rozdeliť na:

- nádrže na dočisťovanie mechanicky predčistených odpadových vôd bez riedenia a s riedením,
- nádrže na dočisťovanie mechanicky a biologicky predčistených vôd,
- asimilačné nádrže,
- nádrže septické.

Biologické rybníky však možno využiť len za istých podmienok, ktoré sa týkajú ich umiestnenia a druhu odpadu.

Podstatnou metódou vegetačných čistiarní odpadových vôd je, po predchádzajúcej hrubej filtrácii a sedimentácii, vypúšťanie odpadových vôd na umelé mokrade s tzv. tvrdými porastmi,

napr. trst' (*Phragmites*), chrastica (*Phalaris*), ostrica (*Carex*) a pod. Znečisťujúce látky vrátane živín sú porastom zachytené a premenené na živú biomasu. Vegetačné koreňové čistiarene odpadových vôd delíme podľa druhu prúdenia na niekoľko základných skupín:

- vegetačné koreňové čistiarene s horizontálnym povrchovým prúdením,
- vegetačné koreňové čistiarene s horizontálnym podpovrchovým prúdením,
- vegetačné koreňové čistiarene s vertikálnym prúdením smerom dolu (Obr. 4.6)
- vegetačné koreňové čistiarene s vertikálnym prúdením smerom hore (Bodík a kol., 2017).



Obr. 4.6 Vegetačná koreňová čistiareň s vertikálnym prúdením (Foto: Jurík)

4.3.4 Melioračné nádrže

Tieto nádrže možno rozdeliť na štyri základné typy:

- protierózne – zadržujú vodu stekajúcu z dažďových prívalov. Môžu mať dočasný charakter, kým sa nezanesú splaveninami,
- slúžiace na odsol'ovanie pôdy – priesakom sa zníži obsah solí v pôde,
- slúžiace na oteplenie vody – na melioračných kanáloch sa budujú plytké nádrže, ktoré ohrejú vodu pred zavlažovaním, aby sa nespomalil rast plodín,
- kolmatačné – nádrže naplnené kalnou vodou, aby sa umelým naplavením zúrodnila napr. štrkovitá pôda.

Protierózne nádrže slúžia predovšetkým na zachytenie zmyvov a sú súčasťou komplexných protieróznych opatrení v krajine. Ich význam stále nie je docenený a v ochrane krajiny by mali dostať prioritu. Okrem zachytenia zmyvov majú tiež zachytiť časť alebo celý povodňový prietok a splaveniny, zmenšiť pozdĺžny sklon územia za účelom zníženia erózneho odnosu, zvýšiť pôdnu vlhkosť v okolí nádrže, asanovať strže, časť vody previezť infiltráciou do podzemnej vody, zlepšiť kvalitu vody a prietoky vody v toku pod nádržou, vytvárajú podmienky pre rozvoj vegetačného krytu v okolí nádrže, či vytvoriť lepšie podmienky pre biodiverzitu vodných organizmov. Vzhľadom na rýchle zanášanie sedimentmi musí byť k týmto nádržiam a ich prítokom ľahký prístup mechanizmami a dopravnými prostriedkami (Obr. 4.7) (Pokorný, 2009; Šálek, Kujal, 2016).



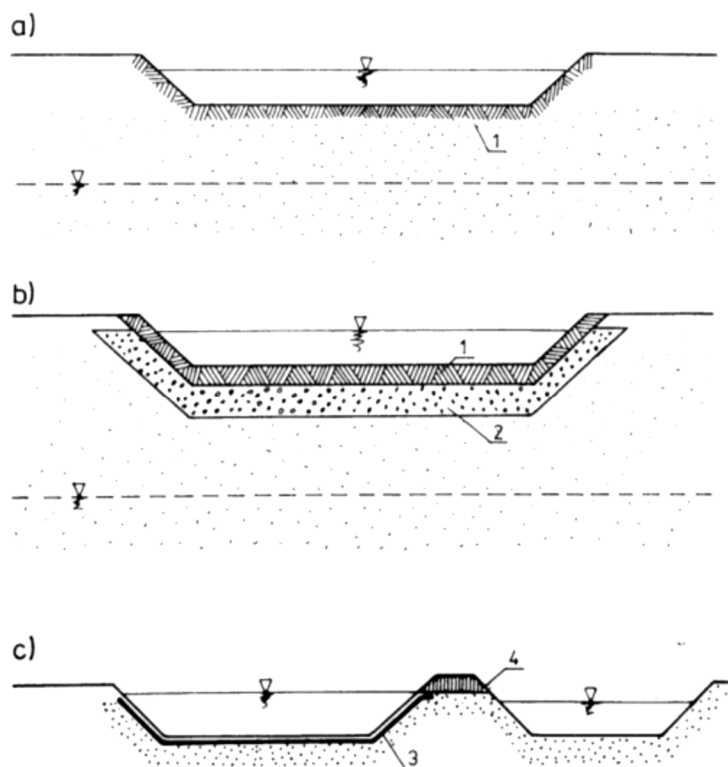
Obr. 4.7 Melioračná nádrž na zachytenie sedimentov (Foto: Kaletová)

4.3.5 Nádrže s infiltračnou funkciou

Rýchly odtok, ktorý sa vyskytuje najmä v mestských (uzavretých) oblastiach, je nepriaznivý z dôvodu obmedzeného dopĺňovania podzemnej vody a postupného znižovania hladiny podzemnej vody. Jedným zo spôsobov, ako obmedziť také nepriaznivé vplyvy je výstavba nádrží, ktoré zadržiavajú dažďovú vodu a umožniť jej infiltráciu. Nádrže napájané vodou z povrchového odtoku sú zvyčajne veľmi cenné z ekologických dôvodov. Nielenže vytvárajú dobré podmienky pre rozvoj druhov rastlín a živočíchov (najmä rezervoárov vybudovaných v poľnohospodárskych oblastiach), ale aj prispievajú k znižovaniu difúzneho znečistenia, a teda k ochrane podzemných a povrchových vôd. Dažďová voda z ulíc a ciest vrátane vidieckych oblastí, je zvyčajne znečistená a jej priame vypúšťanie do riek sa neodporúča. Tieto vody by mali byť pred vypustením do recipientu predčistené. Ako je znázornené na Obr. 4.8, na tento účel je možné použiť pomerne plytké nádrže. Nádrže môžu byť kopaného typu (Obr. 4.8a) alebo môže mať ďalšiu filtračnú vrstvu (Obr. 4.8b). Ak voda nesie zásadné množstvo tuhých znečisťujúcich látok a chemických zlúčenín odporúča sa skonštruovať dvojitzú nádrž. Sedimentácia pôdných častíc a predbežné čistenie sa koná v prvej nádrži (biologická filtračná nádrž so zapečateným dnom). Po predbežnom očistení voda tečie do druhej nádrže, v ktorej infiltruje do pôdy. Z dôvodu, že nádrže sa plnia iba vo vlhkom období alebo počas topenia sa snehu, sú menej náchylné na zanášanie (najmä nádrže, kde je aj rast a vývoj vodných rastlín).

MVN využívané v súbore opatrení zameraných na ekologické a ekonomické hospodárenie so zrážkovými vodami je možné rozdeliť na:

- plytké infiltračné (vsakovacie) nádrže s charakterom umelých depresii,
- kombinácie malej akumulačnej nádrže s brehovou infiltráciou,
- kombinácia malej akumulačnej nádrže s infiltračnými plochami alebo pásmi,
- akumulačné nádrže a cisterny na zrážkovú vodu,
- doplnenie bežných rybničných nádrží o retenčný priestor.



Obr. 4.8 Schémy infiltračných nádrží: a) prírodná nádrž, b) nádrž s filtračnou vrstvou, c) infiltračná nádrž s predradeným usadzovaním; 1 – pôda, 2 – filtračná vrstva, 3 – plastové tesnenie, 4 – prepad do toku (potrubie)

Infiltračné nádrže (Obr. 4.8) tvoria plytké zatravnené prírodné alebo umelé depresie, príp. nádrže sú umiestnené v lesoparkoch, poľných a lúčnych tratiach alebo v porastoch s rýchlorastúcimi drevinami. Odporúča sa, aby hĺbka zadržanej vody nepresiahla 0,4 m. Vo vsakovacej nádrži má dochádzať len ku krátkodobému zdržaniu vody, maximálne 1 deň.

V prípade kombinácie MVN s brehovou infiltráciou je nádrž vybavená retenčným priestorom nad akumulačným priestorom, pričom retenčný priestor sa využíva na postupnú brehovú infiltráciu zrážkových vôd, a tým k obohacovaniu zdrojov podzemných vôd.

Na podobnom princípe je založená aj MVN s infiltračnými pásmi alebo plochami, ktoré zaisťujú postupnú infiltráciu vody z retenčného priestoru nádrže. Zrážková voda je využívaná na naplnenie zásobného priestoru, ktorá môže mať charakter okrasnej nádrže, refugia pre vodné organizmy, nádrže na zlepšenie kvality vody a pod.

Využitie akumulačných nádrží a cisterien je v extraviláne výnimočné. V takom prípade ide zväčša o využitie na zachytenie zrážkových vôd zo striech budov, ktoré sa po mechanickom prečistení využíva ako úžitková voda na rôzne účely, napr. závlahu lokálnej zelene (Šálek, Kujal, 2016).

4.3.6 Rekreačné a okrasné nádrže

Poznáme prírodné a umelé kúpaliská, vybudované len za účelom kúpania a vodných športov a nádrže ostatné, vhodné na rekreáciu (okrem vodárenských, biologických rybníkov a rybochovných s intenzívnym chovom rýb). Rekreačné nádrže musia mať vhodne upravené brehy a okolie, ako aj príslušné vybavenie. Pri výbere MVN na rekreáciu je potrebné zohľadniť

geografickú polohu, klimatické pomery a teplotné podmienky, zdravotnú neškodnosť vody, veľkosť nádrže a jej dopravnú dostupnosť (Pokorný, 2009). Nádrž určená na rekreáciu musí spĺňať podmienky kvality vody stanovené v NV SR 269/2010 Z. z., ktorá je pravidelne monitorovaná a výsledky zverejňované na internetovej stránke úradu verejného zdravotníctva.

Okrasné nádrže vzbudzujú stále väčší záujem verejnosti a odborníkov pre ich mimoriadnu estetickú a krajinotvornú úlohu. Budujú sa s rôznou plochou, hĺbkou, účelom a v rôznych prostrediach. Na základe zvolenej krajinotvornej funkcie volíme veľkosť, hĺbkou, vodné rastliny a ryby a pod. Tieto nádrže budujeme zväčša v záhradách, sadoch, parkoch, športových areáloch, kúpeľných areáloch a pod. V prípade priaznivých terénnych podmienok môžeme budovať aj sústavu nádrží navzájom spojených potokom. Pri tomto type nádrží je častokrát potrebné zabezpečiť vodotesnosť nádrže, a to aj v mieste prítoku a odtoku.

4.3.7 Revitalizačné nádrže, nádrže na ochranu biotopov, umelé mokrade

V súčasnosti je tento typ nádrží propagovaný ekológmi a medzi verejnosťou majú značnú popularitu. Ide najmä o menšie (0,3 – 0,5 ha) a plytké nádrže, ktoré sa budujú v pramenných oblastiach alebo vo zátopových častiach veľkých nádrží. Plnia podobnú funkciu ako slepé ramená vodných tokov. MVN môžeme považovať za revitalizačný objekt, ak nahradzuje menej hodnotné prostredie a vzniká na ploche devastovanej ľudskou činnosťou, na území postihnutého nevhodnými úpravami, na neudržiavanej pôde alebo ak vytvorí vhodné podmienky pre chránené alebo ohrozené organizmy. Z toho dôvodu sa pri týchto nádržiach dbá na to, aby mali plytké pobrežné pásma. Na druhej strane častokrát môžu trpieť nedostatkom vody počas suchého leta alebo zanášaním počas povodňových stavov.

Nové revitalizačné nádrže nie je možné budovať v miestach, kde by dochádzalo k poškodzovaniu alebo ničeniu hodnotného prírodného prostredia, rastlinných a živočíšnych spoločenstiev. Môžeme ich budovať ako nádrže určené pre konkrétne spoločenstvo, ktorému prispôbujeme parametre nádrže. Inou alternatívou sú malé kopané vodné nádrže, umelo budované terénne depresie, trvale zaplavené priehlbne, malé nádrže budované na konci vzdutia rybníkov alebo iných MVN, či úzke účelové MVN plniace špecializovanú funkciu.

Napodobňujú podmienky prirodzených mokradí vytvorením umelo zvodneného alebo zaplavovaného zemného lôžka s príslušnou vegetáciou. Substrát filtračného lôžka má mať dostatočnú hydraulickú priepustnosť, aby nedochádzalo k zanášaniu lôžka prietokom vody a musí umožniť rast mokradných rastlín. Budujú sa tam, kde v minulosti boli prirodzené mokrade a neuvážení vodohospodárskymi zásahmi boli zrušené. Mokrade by mali mať počas celého roka dostatok vody s malým kolísaním hladiny.

Novým typom umelých mokradí sú vegetačné čistiare odpadových vôd využívané na čistenie a dočisťovanie vyčistených komunálnych odpadových vôd a vôd organicky veľmi zaťažených, vrátane vôd z intenzívnych chovov rýb (Pokorný, 2009).

4.3.8 Ochranné nádrže – poldre

Ochrannú funkciu plnia účelové nádrže s presne definovaným ochranným priestorom, pri ktorých je ochranná funkcia dominantná. Túto funkciu plní aj väčšina nádrží s neovládateľným ochranným priestorom. Pre riešenie ochrany pred povodňovými stavmi sú rozhodujúce nádrže,

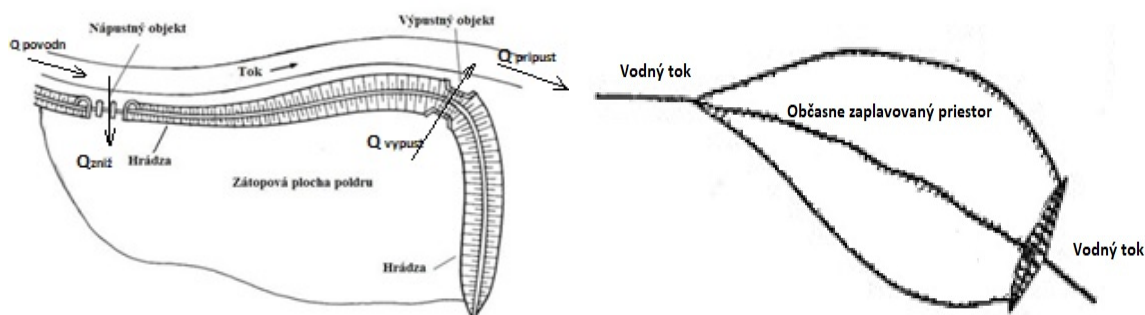
kde ochranná funkcia je dominantná. Do skupiny ochranných, kde ochranná funkcia je dominantná patria:

- suché ochranné nádrže (poldre, Obr. 4.9) – využívajú ochranný priestor na zachytenie časti alebo až celého objemu povodňových odtokov, znižujú kulmináciu povodňového prietoku a po prechode povodňovej vlny sa riadene vyprázdňuje,
- ochranné nádrže s presne vymedzeným ochranným priestorom, ktorým transformujú povodňovú vlnu a po jej prechode sa riadene vyprázdňuje ochranný priestor až po hladinu vymedzeného zásobného priestoru, ktorý je využívaný na rôzne účely,
- protierózne nádrže, ktoré znižujú pozdĺžny sklon údolia, a tým i erózy účinku vody, akumulujú časti až celé povodňové prietoky, a tým plnia aj ochrannú funkciu (Šálek, Kujal, 2016).



Obr. 4.9 Polder nad obcou Klátová Nová Ves (Foto: Kaletová)

Polder je z vodohospodárskeho hľadiska jednoúčelové dielo, navrhované a postavené s účelom vytvoriť ochranu pre územia, ležiace v čiastkovom povodí pod jeho hrádzou, pred možnými škodlivými účinkami povodne. Ak priteká ku poldru prietok vyšší ako je kapacita dnového výpustu (alebo iného riešeného výpustného zariadenia), potom sa časť objemu povodňovej vlny postupne zachytáva v retenčnom priestore nádrže na čas, kým prietok opäť neklesne pod kapacitu výpustu a začne sa samovoľne vyprázdňovať. Hlavným účinkom poldrov je teda časový posun kulminácie povodňovej vlny, zníženie kulminačného prietoku na kapacitu výpustu a zachytenie splavenín. Polder môže byť postavený kolmo na tok alebo ako bočná nádrž so zníženým vtok a výtokom v bočnej hrádzi vodného toku (Obr. 4.10).



Obr. 4.10 Usporiadanie bočného nepretekaného poldra a pretekanej suchej nádrže (Jurík, 2018)

V Českej republike sa terminologicky rozlišuje medzi poldrom a suchou nádržou. Polder je bočná nádrž, do ktorej sa dostáva voda len raz za čas počas povodňového prietoku. Keď sa prekročí kapacita toku v chránenom území (obci alebo meste) a aj počas menších povodňových prietokov, tak sa voda do poldra nedostáva vždy, ale len v extrémnych situáciách. Taký je napr. polder Beša kde sa voda dostala len niekoľkokrát za desiatky rokov.

Suchá nádrž je protipovodňová nádrž podľa popisu vyššie. Kým preteká prietok, ktorý neohrozí chránené územie, tento voľne prúdi výpustným zariadením. Ak prietok stúpne a hrozilo by vyliatie toku v obci, kapacita výpustného zariadenia prepúšťa len bezpečný prietok a zvyšok prietoku sa zadržiava v suchej nádrži a vytvára tam retenčný objem dovtedy, kým prítok neklesne na povolenú hodnotu. Je to vlastne bežná vodná nádrž s výpustným zariadením nadimenzovaným na kontinuálny prietok (Halaj et al., 2020). V podmienkach Slovenska majú pojmy polder a suchá nádrž rovnaký význam.

Návrh a použitie poldrov je najvhodnejšie v takých oblastiach povodí, kde povodňová vlna má rýchly a výrazný nástup a výška povodňovej vlny nad odtokom, ktorý môže pretekať pod ním, je relatívne malý. Polder sa dá vhodne využiť aj v údoliach, kde je len občasný prietok vodným tokom po významnejších zrážkach.

Návrh hrádze a funkčných objektov by mal vychádzať z vypracovaných technických noriem alebo podobných schválených dokumentov. U nás zatiaľ nemáme vypracovanú pre poldre technickú normu, len v znení staršej, ale stále platnej STN 73 6824 je uvedené, že platí aj pre návrh poldrov. Tie však majú určité špecifiká, ktoré si postupne prejdeme. Pre orientáciu sa dá v projekčnom riešení alebo pri ich schvaľovaní použiť česká norma ČSN 75 2410 a ČSN 73 6814, TNV 75 2415 a pod. Hrádzi a objektom poldra je potrebné venovať maximálnu starostlivosť aby sa eliminovala možnosť vzniku poruchy počas prevádzky. Mohla by vyvolať haváriu s katastrofickou povodňou.

Polder preto musí byť navrhnutý, postavený a udržiavaný tak, aby sa pri vzniku povodňovej situácie aj po dlhšej dobe po výstavbe nedochádzalo k zníženiu jeho bezpečnosti a spoľahlivej funkcie. Pri návrhu konštrukcie je potrebné do budúcnosti predpokladať určité situácie, a to napr.:

- že hrádza, funkčné objekty poldra a priestor nádrže nie sú dlhšie obdobie zaťažené vodou, čo môže ovplyvniť ich funkčné vlastnosti;

- pri povodni dochádza k veľmi rýchlemu naplneniu a následne rýchlemu prázdneniu nádrže. Pritom sa rýchlo dostáva voda aj do telesa hrádze a priesakové rýchlosti môžu ovplyvniť jej stabilitu. Niektoré vzniknuté poruchy nie je možné na poldroch odhaliť za bežnej prevádzky;
- treba predpokladať, že práve pri vzniku povodňovej situácie nebude v mieste poldra prítomná žiadna obsluha.

Pre určenie veľkosti ochranného priestoru poldra je potrebné určiť stupeň ochrany územia pod poldrom, ktorý je určený prietokom v chránenom území pri ktorom po prítoku povodňového prítoku Q_{pov} ešte nepríde ku zaplaveniu územia – Q_{prip} . Rozdiel medzi prítokom a prípustným odtokom sa dočasne akumuluje v priestore poldra (Jurík, 2018).

Pre riešenie objemu musíme spoznať miesto, ktoré má chrániť a jeho obmedzujúce parametre. Pre riešenie ochrany môže byť rozhodujúcim parametrom kapacita koryta v intraviláne obce alebo pri objektoch priemyselnej alebo poľnohospodárskej výroby. Iným obmedzujúcim prvkom môže byť kapacita objektov na toku. Sú to mosty, priepusty alebo vodné stavby (Halaj et al., 2020).

4.4 Objekty malých vodných nádrží

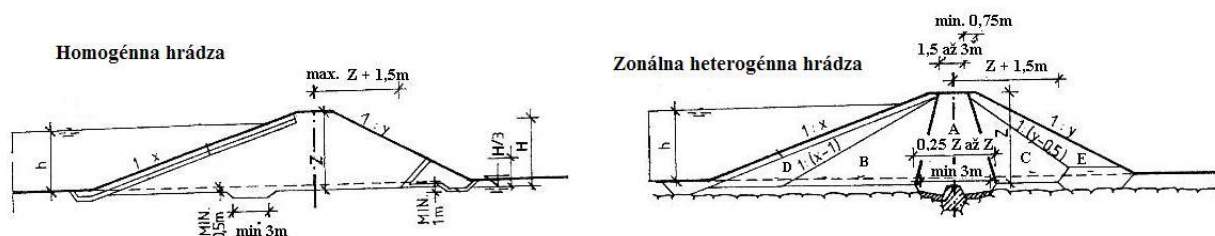
Hrádza môže byť čelná (pri prietočných nádržiach, Obr. 4.11) alebo obvodová (obtokové a kombinované nádrže). Pri MVN sú zvyčajne zemné, lichobežníkového tvaru sklonom návodného svahu 1 : 2-4 a sklonom vzdušného svahu 1 : 1,5-3 podľa druhu násypovej zeminy a výšky hrádze. Prevýšenie hrádze býva 0,6-1,1 m nad maximálnu hladinu vody v nádrži. Založenie hrádze zámkom býva na pevnom, únosnom a nepriepustnom podloží. Opevnenie návodného svahu je z kamenného a štrkového násypu, kamennej rovnaniny alebo betónových prefabrikátov a pod. Vzdušný svah je najčastejšie zatrávnený.



Obr. 4.11 Zemná hrádza malej vodnej nádrže v Koliňanoch (Foto: Jurík)

Hrádza môže byť:

- homogénna (rovnorodá) – zložená z jedného druhu materiálu, ktorým môžu byť hlinitopiesočnaté zeminy a silne zahlinené štrky; sú to hrádze do výšky 6 m,
- heterogénna (nerovnorodá) – zložená z viacerých materiálov; skladá sa zo stabilizačnej (sypké zeminy – štrkopiesok) a tesniacej časti (ílovité zeminy a hliny); tesnenie môže byť jadrové alebo návodné (Obr. 4.12).



Obr. 4.12 Homogénna a heterogénna hrádza MVN

Výpustné objekty (Obr. 4.13) slúžia na reguláciu odtoku z nádrže, k plynulej výmene jej objemu, zaisteniu požadovaného prietoku v koryte pod nádržou a k prázdneniu nádrže. Sú umiestnené do najhlbšieho miesta nádrže(Jurík a kol, 2011). Môžu byť:

- otvorené – obdĺžnikový otvor po celej výške hrádze uzatvorený stavidlom alebo hradidlovou stenou,
- uzavreté – potrubie prechádzajúce telesom hrádze, násoska položená cez korunu hrádze,
- výpustný mních – priamy rúrový výpust s voľnou hladinou a s jednoduchým regulačným zariadením pozostávajúcím z hradidlovej steny, cez ktorú prepadá odvádzaná voda; hĺbka vody je do 3 m,
- zasúvadlový výpust – hrádza je vysoká do 10 m,
- kombinovaný výpust.



Obr. 4.13 Výpustný objekt na malej vodnej nádrži (Foto: Kaletová)

Bezpečnostný priepad je objekt, pomocou ktorého je povodňový prietok neškodne prevedený pod nádrž, pričom bráni preliatiu vody cez hrádzu (Jurík, 2018). Bezpečnostné priepady je potrebné budovať na všetkých prietochných nádržiach, na nádržiach neprietochných je možné navrhovať bezpečnostné priepady na zvýšenie kapacity, t. j. na prietok ktorý maximálne môže nápusťné zariadenie do nádrže priviesť.

Podľa konštrukcie môže byť priepad (Obr. 4.14):

- priamy – čelný, bočný,
- šachtový,
- násoskový,
- združený funkčný blok – spája funkciu dnového výpustu a bezpečnostného priepadu (Obr. 4.15).



Obr. 4.14 Šachtový (vľavo) a bočný (vpravo) bezpečnostný priepad (Foto: Kaletová)



Obr. 4.15 Združený funkčný blok (Foto: Kaletová)

4.5 Straty vody z nádrže

Pre praktické bilancovanie sa uvažuje strata výparom vody z hladiny nádrže, nasýtením (vsakom) dna nádrže, priesakom dnom, hrádzou a bokmi nádrže, prevádzkové straty, straty netesnosťou objektov a dočasná strata zamrznutím hladiny vody v nádrži. V rybochovných nádržiach je to strata preplachovaním. Nevyhnutný prietok pod nádržou sa nezapočítava do strát, ale sa s ním počíta pri celkovom riešení vodného hospodárstva nádrže.

Strata výparom z vodnej hladiny závisí od teploty, od napätia pár vo vzduchu, od rýchlosti vetra a od veľkosti plochy hladiny. Pri výpočte strát výparom pre danú lokalitu vychádzame z priamych meraní; vyhodnotené údaje sa získajú zo Slovenského hydrometeorologického ústavu v Bratislave. Pri podobných podmienkach sa potrebné údaje získajú výpočtom s použitím analogických metód (Jurík, 2011).

Strata nasýtením dna je jednorazová strata. Nastáva v nádržiach so sezónnym alebo s jednoročným riadením odtoku. Pri napúšťaní nádrže sa vysušené póry znovu naplnia vodou. Objem vody potrebný na nahradenie tejto straty závisí od morfológického tvaru údolia nádrže, od hĺbky vysušeného profilu dna, od zatopenej plochy a od pórovitosti a podielu zemného objemu nasýteného vodou.

Strata priesakom dna závisí na priepustnosti dna, na hydraulickom sklone, na celkovom usporiadaní údolia nádrže a na uložení vrstiev rôznej priepustnosti. Najväčšie straty priesakom sú vo všetkých nádržiach prvý rok po napustení. Podľa skúseností v prevádzke sa ustália priesakové straty v treťom alebo vo štvrtom roku po napustení nádrže, kedy dôjde k postupnému zakolmatovaniu dna nádrže.

Výpočet straty priesakom hrádzí a podloží hrádze je súčasťou vodohospodárskeho riešenia nádrže. Priesakové množstvá sú zachytávané a odvádzané drenážnym systémom hrádze, napr. päťovým drénom a následne spätne vedené do toku. Tým sú vlastne vrátené do bilančných množstiev.

4.6 Podklady pre riešenie malej vodnej nádrže

Pred realizáciou stavby hrádze je potrebné určiť a zdôvodniť hlavný účel nádrže pre jednotlivé druhy nádrží (ochranné, zásobné, rybochovné, závlahové...) a na tomto základe plánovacie a návrhové podklady rozpracovať v požadovaných podrobnostiach. Medzi dôležité podklady, okrem nižšie uvedených, patria aj fytocenologický a zoocenologický prieskum vrátane hydrobiologického prieskumu.

4.6.1 Klimatické podklady

Tieto podklady majú pre vodohospodárske posudzovanie potreby a účelnosti výstavby vodných nádrží základný význam. Vzhľadom k ich závažnosti ich zisťuje, jednotne spracúva a vo výsledných údajoch zhromažďuje Slovenský hydrometeorologický ústav v Bratislave. Pre účely vodohospodárskych stavieb sú potrebné:

- zrážky v dlhodobých priemerných mesačných zrážkach, v dlhodobom vegetačnom zrážkovom priemere a v dlhodobom ročnom zrážkovom priemere,

- teploty v dlhodobých priemerných mesačných teplotách, v dlhodobej priemernej teplote za vegetačné obdobie a v dlhodobej priemernej ročnej teplote,
- priemerný počet letných, mrazových a ľadových dní,
- prevládajúci smer a rýchlosť vetra,
- dlhodobé priemerné mesačné hodnoty výparu z vodnej hladiny.

Niektoré z týchto údajov sú dostupné v hydrologických ročenkách zverejnených na internetovej stránke ústavu.

4.6.2 Hydrologické podklady

Od klimatických podkladov sa odlišujú v obsahu podľa účelovej funkcie nádrže, preto sa požiadavky na hydrologické údaje musia vždy špecifikovať tak, aby bolo možné posúdiť a overiť tieto funkcie (rybochovnú, závlahovú, ochrannú a ďalšie) a predovšetkým hlavnú účelovú funkciu, pre ktorú sa nádrž zriaďuje, poprípade v kombinácii s vedľajšími funkciami.

V bežných podmienkach postačia:

- plocha povodia zásobného zdroja nádrže,
- priemerný ročný prietok,
- ročný úhrn zrážok,
- minimálny prietok,
- počet zrážkových dní,
- priemerné prekročenie prietokov (M-denné a N-ročné prietoky),
- nadlepšený prietok a iné.

V podmienkach Slovenska meteorologické údaje a hydrologické údaje za odplatu poskytuje Slovenský hydrometeorologický ústav v Bratislave.

4.6.3 Geomorfologické podklady

Veľkou prednosťou malých vodných nádrží je ich nenáročnosť na vodný zdroj a stavebná jednoduchosť, čo umožňuje ich budovanie všade tam, kde sú k dispozícii prijateľné geologické a morfológické podmienky a aspoň malý vodný zdroj. Podklady tvoria mapy (v mierke 1:10000), príp. v súčasnosti dostupné digitálne modely reliéfu a terénu.

Geomorfologické podklady spolurozhodujú o správnej voľbe a posúdení miesta plánovanej vodnej nádrže a predovšetkým čelnej hrádze z hľadiska jej hospodárneho založenia. Vždy sa posudzuje niekoľko rôznych terénnych profilov.

4.6.4 Geologické, pedologické a hydropedologické podklady

Na predbežné posúdenie lokality sa používajú geologické mapy a na upresnenie informácií výsledky predchádzajúcich miestnych geologických prieskumov. Potrebné sú znalosti miestnych občanov doplnené terénnym prieskumom.

Pedologický prieskum sa zameriava na zistenie vlastností pôdy v oblasti budúcej nádrže, najmä z oblasti hrádze a objektov. Ide najmä o zloženie pôdneho profilu a pôdy, mernú objemovú hmotnosť, hydraulickú vodivosť, pórovitosť, obsah humusu, CaCO_3 , Fe_2O_3 , sorpčnej kapacity a iných. Pedologické a hydropedologické podklady získame z máp bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek a z predchádzajúcich prieskumov. Tieto podklady je potrebné doplniť

o aktuálny prieskum zameraný na priepustnosť pôdy, úroveň hladiny podzemnej vody a odvodniteľnosť pôdy, hodnotu poľnej vodnej kapacity a priebeh infiltrácie vody do pôdy.

4.6.5 Vodohospodárske podklady

Vodohospodárske podklady hodnotia prirodzené vodné zdroje v miestnych podmienkach z hľadiska ich optimálnej využiteľnosti pre MVN a zabezpečujú dokonalú znalosť jednak prirodzeného vodného režimu záujmového územia, jednak hospodárskych potrieb vody, aby výstavbou nádrží bolo možné dosiahnuť najvyšší možný súlad medzi oblasťou výdatnosťou a potrebou vody.

Ide o informácie o vodnom zdroji, potrebe vody pre plánovanú nádrž na naplnenie v požadovanom čase a zabezpečenie prítoku počas celej doby prevádzky, podklady o kvalite vody, o vypúšťaní vody, iných vodohospodárskych dielach v povodí (nad aj pod plánovanou stavbou), ich manipulačné poriadky a ich súlad s plánovanými špičkovými odbermi, údaje o splaveninovom režime a kvalite sedimentov, potenciálnych znečisťovateľov a pod.

4.6.6 Geodetické podklady

Sú neoddeliteľnou súčasťou plánovacích parametrov MVN. Slúžia jednak k výberu a zhodnoteniu hrádzového profilu plánovanej nádrže prostredníctvom tzv. batygrafických kriviek, jednak k zakresľovaniu výsledkov všetkých prieskumov (napr. geologické, hydrologické, pedologické), a tiež k vypracovaniu vlastného technického riešenia. Podľa spôsobu spracovania sa geodetické podklady delia na mapové a meračské.

Medzi dôležité podklady patria ešte fytocenologický a zoocenologický prieskum vrátane hydrobiologického prieskumu.

4.7 Revitalizácia malých vodných nádrží

Revitalizácia malých vodných nádrží je činnosť, ktorou sa obnovujú narušené, resp. zničené základné ekologické funkcie týchto nádrží. K základným revitalizačným opatreniam malých vodných nádrží (Tab. 4.2) patrí odstránenie nežiadúcich sedimentov, úprava dna nádrže, vyrovnanie, odstránenie nežiadúcich predmetov, úprava litorálnej zóny, doplnenie mokraďovou vegetáciou, úprava brehov nádrže, doplnenie o krovitý vrbový porast, vytvorenie infiltračných pásov okolo nádrže (trávové, stromové), zapojenie malých vodných nádrží do prírodného ekosystému (biocentra), rekonštrukcia a obnova hrádzí a objektov na malých vodných nádržiach, vytvorenie ekologických prvkov na konci vzdutia nádrže s menšími lagúnami, ktoré umožnia prežitie nižších stavovcov po vypustení nádrže (Jurík, 2018).

Odbahňovanie malých vodných nádrží spočíva v odstránení sedimentov z prítoku suspendovaných látok z povodia a brehovou abráziou v nádrži. Tieto sedimenty vytvárajú podmienky na eutrofizáciu a rast biomasy a ich následné odumieranie a sedimentáciu v nádrži. Dôsledkom zanášania (zabahňovania) je postupné obmedzovanie, až znemožňovanie vodohospodárskych, biologických a ekologických funkcií malých vodných nádrží.

Ťažba sedimentov sa rieši suchou cestou vo vysušenej nádrži s použitím strojov na zemné práce, mokrou cestou pomocou sacích bagrov umiestnených na pontónoch, odsávaním cisternovými vozmi z brehu, kombináciou oboch vyššie uvedených spôsobov, ťažbou

korčekovými rýpadlami z plávajúcich pontónov alebo aj odstrelom bahna. Bahno sa ťaží po vrstvách, postupne sa odťahuje materiál rovnakého zloženia a vlastností. Ťažba sa ukončí 0,10 – 0,15 m nad pôvodným dnom, aby sa zachovala úrodnosť nádrže.

Vyťažené bahno sa môže využívať na výrobu kompostu, na rekultiváciu piesčitých pôd, na rekultiváciu hâld, výsypok a ťažbou narušených plôch, na hnojenie poľnohospodárskych a lesných pôd, na zúrodňovanie malých vodných nádrží so sterilným dnom. Bahno použité na hnojenie, resp. na rekultiváciu, nesmie zvýšiť kritický obsah rizikových prvkov v pôdach nad prípustnú hranicu.

Tab. 4.2 Prehľad revitalizačných opatrení na malých vodných nádržiach a ich účinky (Jurík, 2018)

Revitalizačný zásah	Zmeny, ktoré revitalizačných zásah vyvolá	Účinky revitalizácie
Odstránenie sedimentov	• zväčšenie akumulačného priestoru • predĺženie doby zdržania • zníženie zásoby živín v nádrži	• dosiahnutie pôvodných nádržových priestorov • oligotrofizácia vodného prostredia
Úprava dna nádrže	• odstránenie priehlbni zaplnených organickým kalom	• zníženie trofie vody a vyplavovania fosforu
Úprava brehovej línie	• vymedzenie plochy pre rozvoj litorálneho pásu, návrh a výsadba sprievodnej vegetácie podľa vegetačného stupňa	• posilnenie ekologickej funkcie nádrže, posilnenie biodiverzity a lepšie začlenenie do krajiny
Zatrávnenie pásu o šírke min. 20 m po obvode nádrže	• vytvorenie ochranného pásu predstavuje bariéru pre eutrofizáciu a zanášanie nádrže	• obmedzenie eutrofizácie a zanášania nádrže
Opatrenia na obmedzenie transportu sedimentov	• organizácia povodia z hľadiska protieróznej ochrany	• posilnenie všetkých vyššie uvedených funkcií

4.7.1 Ochrana malých vodných nádrží pred zanášaním

Ochrana malých vodných nádrží rybničného typu a mokradí pred znečistením odtokom z okolitého územia patrí k závažným úlohám, s ktorými je treba sa po všetkých stránkach zapodievať. Znečistenie odtokmi z okolitého územia sa prejavuje predovšetkým v týchto oblastiach:

- v nadmernom zanášaní litorálnej zóny nádrží a ich zarastaní mokrad'ovou vegetáciou,
- vo vysokom prísune rastlinných živín, vytvárajúcom predpoklady na eutrofizáciu nádrží,
- v nežiadúcich odtokoch pesticídov a iných nežiadúcich látok,
- v postupnom zanášaní nádrží a mokradí eróznymi odtokmi.

Tieto nepriaznivé javy vedú k postupnej premene plytkých nádrží do málo funkčnej mokrade a k deštrukcii mokradí a zničeniu ich prirodzených biologických a hydrologických funkcií v krajine.

Ochranu malých vodných nádrží a mokradí pred odtokmi z okolitého územia zaisťujeme technickými a biologickými spôsobmi. Jednotlivé opatrenia delíme do týchto skupín:

- ochranné opatrenia v povodí nádrží a mokradí – kvalitná protierózna ochrana celého povodia nádrže, zodpovedne prevedené pozemkové úpravy, protierózne obrábanie poľnohospodárskych plôch, obmedzené využívanie pesticídov a priemyselných hnojív v bezprostrednom okolí nádrže, výber vhodných plodín na oševné postupy a pod.,
- opatrenia brehovej časti (okrajovej zóny mokradí), ktoré spočívajú v návrhu trávnych lesných infiltračných pásov, záchytných preletov a priekop,
- odvedenie drenážnych a cudzích znečistených povrchových a odpadových vôd mimo nádrž, resp. mokrad' a ich vyčistenie,
- výstavba zemných lapákov piesku a usadzovacích nádrží, pôdnych filtrov a pod.,
- odvedenie veľkých vôd odľahčovacími kanálmi mimo nádrž, resp. mokrad',
- cieľavedomá regulácia hydrologických pomerov.

Návrh, realizácia a prevádzka jednotlivých opatrení vyžadujú podrobný prieskum priamo na mieste a stanovenie základných vstupných údajov a podkladov. Na uľahčenie návrhov týchto opatrení bol postavený v laboratóriu Ústavu vodného hospodárstva krajiny VUT rad testovacích zariadení, umožňujúcich získať potrebných návrhových parametrov. Jedná sa predovšetkým o tieto zariadenia:

- simulátor dažďa, umožňujúci základný prieskum zrážkovo odtokových pomerov, erózneho odtoku, odtoku znečistenia v závislosti na intenzite dažďa a jeho kinetickej energii, sklonu svahu, pôdnom druhu, porastu a pod.,
- simulátor chemického odtoku na určenie vplyvu dažďových zrážok na vyplavovanie vybraných indikátorov znečistenia povrchovým odtokom a infiltráciou pôdnym profilom v závislosti na pôdnom druhu, intenzite a dobe trvania dažďa,
- testovací svah umožňujúci výskum vplyvu presakujúcej vody na vyplavovanie skúmaných indikátorov znečistenia v závislosti na pôdnom druhu, sklonu svahu, rýchlosti prúdiacej vody, plodine a pod.,
- filtračné valce a infiltrometre, umožňujúce určenie hydraulikkej vodivosti a infiltračných vlastností pôd v laboratórnych podmienkach,
- pôdne lyzimetre určené na stanovenie čistiacieho účinku pôd v závislosti na pôdnom druhu, výške pôdneho profilu a pod.

Týmito zariadeniami sa dopĺňujú klasické prieskumné práce, používané pri návrhu opatrení na ochranu nádrží pred znečistením. Testovacie zariadenia umožňujú posúdenie alternatív a výber optimálneho riešenia, ktoré by bolo pri súčasnom rozsahu a náplni prieskumných prác praktický neuskutočniteľné.

Všetky zariadenia na ochranu nádrží pred znečistením musia byť starostlivo začlenené do prírodného prostredia, aby zvyšovali ich estetický účinok. Značnú pozornosť je treba venovať postupnému odstraňovaniu sedimentov a ich využitiu pre rekultivačné účely pod.

5 Rybníky

Rybníkom je MVN, ktorej prvoradým účelom je chov rýb. Rozoznávame:

- teplovodné – chovajú sa ryby, ktorých úspešný vývoj a rast vyžaduje stojatú alebo mierne tečúcu vodu a letnými teplotami okolo 20 až 30 °C s dostatočným obsahom rozpustených a rozptýlených látok, ktorých dno je zabahnené,
- studenovodné – voda s vysokým obsahom kyslíka a nízkou teplotou vody do 20 °C, pričom dno nádrží je nezabahnené.

Rybníkárstvo rozlišujeme intenzívne (vyžaduje prikrmovanie, hnojenie a pod.) a extenzívne, kde sa využívajú iba dané prírodné podmienky. Pri teplovodnom rybníkárstve je základnou podmienkou chovu prirodzená potrava, pričom najčastejšie chovanými druhmi sú kapor, lieň, karas, zubáč, sumec, amur, tolstolobik atď. Pri studenovodnom rybníkárstve je základom intenzívne kŕmenie a v našich podmienkach sú najčastejšie chovanými rybami pstruh a lipeň.

Zdrojom vody môže byť voda povrchová, pramenistá, podzemná a odpadová. Pri pramenistej vode sú dôležité údaje o výdatnosti prameňa. Táto voda je zvyčajne málo prekysličená a pri napúšťaní rybníkov obyčajne nestačí, preto je potrebné použiť aj povrchovú vodu. Odpadové vody sa používajú pre rybníky pomerne zriedkavo. Ak sa používa odpadová voda priamo, treba ju po mechanickom predčistení riediť čistou vodou bohatou na kyslík (Tresová, 1977).

Objekty určené na chov rýb môžeme rozdeliť na (Pokorný, 2009):

- teplovodné rybníky,
- objekty na chov lososovitých rýb,
- špeciálne rybochovné objekty,
- distribučné objekty (sádky, objekty na spracovanie rýb).

5.1 Teplovodné rybníkárstvo

Vyžaduje si niekoľko účelovo i tvarovo odlišných nádrží pre jednotlivé fázy vývoja rýb od ikry po konzumnú veľkosť ryby, príp. pre chov generačného materiálu. Najčastejšie sa skladajú z:

- nádrží pre generačné ryby,
- nádrží pre chov plôdika,
- nádrží pre chov násady až po predaj,
- osobitných nádrží.

Všetky štyri druhy nádrží sú v ucelenom rybníčnom hospodárstve, ktoré je sebestačné pri odchove plôdika a násady a jeho koncovým produktom sú konzumné a generačné ryby. Neúplné rybníčné hospodárstvo chová alebo plôdik a rôčky pre iné rybníkárstvo a pre zarybnenie tečúcich vôd, alebo chová len ryby pre trh a plôdik kupuje (Tresová, 1977). Neúplné rybníčné hospodárstvo je v podmienkach Slovenska častejšie, najmä teplovodné rybníkárstvo.

Zastúpenie jednotlivých druhov nádrží je dané dĺžkou hospodárskeho turnusu chovu ryby, v našich podmienkach zvyčajne kapra, čo je 2 až 4 roky. Taktiež je to závislé na kusovej hmotnosti hlavných chovaných rýb (trhová váha kapra 1 – 3 kg) s prihliadnutím na mimo produkčnú funkciu rybníkov (Pokorný, 2009).

V generačných rybníkoch sa chovajú generačné ryby, t. j. pohlavne dospelé ikernačky a mliečniaky, ako aj ryby mladšie, ktoré boli určené na chov pre svoje dobré vlastnosti. Tieto rybníky sú zvyčajne menšie (0,5 – 5 ha), primeranú hĺbku (1 – 2 m) a zabezpečený pravidelný prítok vody. Priestorné lovisko a kadisko, najlepšie so zjazdom, musia umožniť bezpečný a šetrný výlov matiek, ale tiež ich roztriedenie, značkovanie a prípadne aj umelý výter (Pokorný, 2009). V zimnom generačnom rybníku prezimujú dospelé generačné ryby spolu s mladšími chovnými jedincami (Tresová, 1977).

Treťí rybník je určený na prirodzený výter rýb. Je to plytký (hĺbka max. 1 m), pomerne malý, nie príliš zabahnený rybník so slabým regulovaným prítokom vody ($3 - 10 \text{ l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$) na slnečnom a chránenom mieste. Príbrežné polohy majú byť riedko pokryté mäkkými vodnými rastlinami, na ktoré sa prichytia ikry. Ich zloženie a rozloženie je dané zvoleným druhom rýb. V neresových rybníkoch prebieha neres, ich plocha je $25 - 100 \text{ m}^2$, pričom v jednom roku je možné ich použiť len raz (Tresová, 1977). Je potrebné zabezpečiť, aby mali zábrany proti vniknutiu nežiaducich rýb, ďalej tvrdé lovisko a vypúšťacie zariadenie tiež s upevnenými zábranami proti úniku rýb. Pri menších rybníkoch sa buduje lovisko pod nádržou s odlovnou nádržou (Pokorný, 2009).



Obr. 5.1 Kadisko s prístupovou rampou (Foto: Jurík)

Plôdиковé rybníky majú výmeru medzi 0,5 – 5 ha a priemernú hĺbku 0,7 m. Dno by malo byť upravené do mierneho sklonu a okraje zbavené tvrdého porastu. Dno vypusteného plôdиковého

rybníka, vrátane plôdиковého predvýťažníka a plôdиковého výťažníka, má rýchlo vysychať, umožniť mechanické obrábanie s prípadným osevom jarín. Prítok by mal byť regulovaný, cca $2 - 5 \text{ l.s}^{-1}$, pričom je potrebné prítok zabezpečiť pred nežiaducimi rybami (Pokorný, 2009).

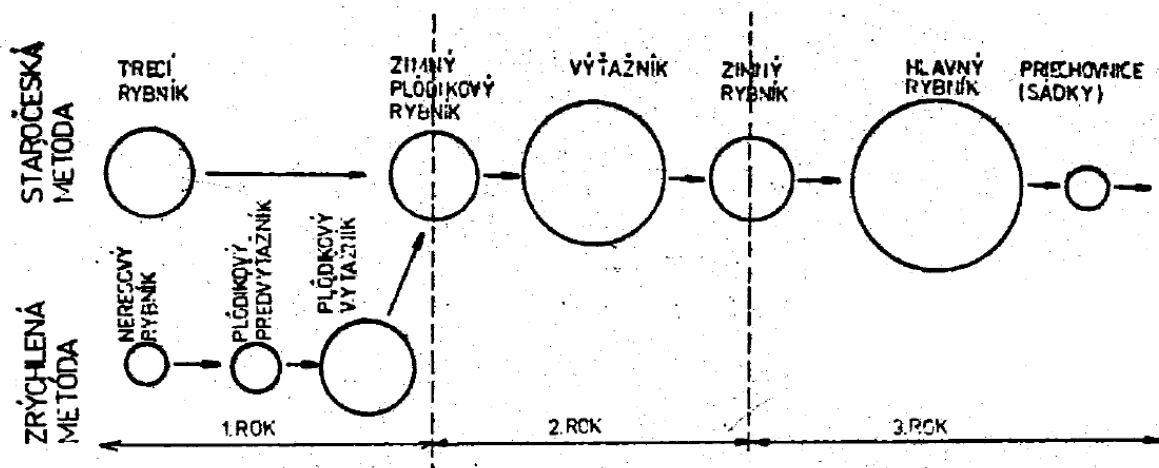
Do plôdиковého predvýťažníka prenášame vreckový plôdik 8 – 15 dní po neresi a ostáva tu kým nedosiahne 5 cm. Jeho priemerná hĺbka je 0,5 m. Plôdиковý výťažník nemá príliš plytké kraje. Plôdиковý zimný rybník je hlboký 1,5 – 2,5 m s dostatočným prítokom vody (Tresová, 1977).

Výťažníky slúžia najmä na odchov násad. Prenášame tu plôdik, zvyčajne na jar, pričom často sú zmiešané viaceré druhy rýb. Ryby sa tu lovia raz za rok, príp. dva roky v jarnom období. Ich výmera je zvyčajne 2 – 5 ha a priemerná hĺbka 1 – 1,3 m, max. hĺbka aspoň 1,5 m, aby mohli ryby prezimovať. Pre intenzívny odchov násad sa vyberajú najúrodnejšie rybníky (Pokorný, 2009).

Odchov plôdika môžeme robiť niekoľkými metódami (Obr. 5.2):

- staročeská metóda – odchováva plôdik v priebehu celého vegetačného obdobia v trecom rybníku,
- zrýchlená metóda kaprieho plôdika (Dubraviova metóda) je založená na bohatom zásobení plôdika prirodzenou potravou; plôdik sa chová postupne vo viacerých nádržiach v závislosti od jeho veku,
- odchov plôdika v liahňach – umelý neres kaprov (Tresová, 1977).

Hlavné rybníky sú najčastejšie sa vyskytujúci typom rybníkov v krajine. Sú určené na chov rýb určených na trhovú predaj v zmiešaných osádkach. Tieto rybníky sú najčastejšie lovené a vyprázdňované v jeseni (Pokorný, 2009).



Obr. 5.2 Odchov kapra podľa staročeskej a zrýchlenej metódy (Tresová, 1977)

Odchov konzumnej ryby sa najbežnejšie robí ako trojročný chovný cyklus. Rôčik sa nasadí do výťažníkov, v ktorých je celé vegetačné obdobie. Pred príchodom zimy sa ryby zlovia a presadia do zimných rybníkov s dostatočným prítokom vody. Posledný rok života je ryba v hlavnom rybníku. Konzumné ryby sa prevážajú do sádok, kde sú do odvozu na predaj.

V závislosti od dosahovaného výnosu rybníky delíme do štyroch tried (Tab. 5.1).

Tab. 5.1 Bonitné triedy rybníkov

Bonitná trieda	Prirodzená výrobnosť, kg.ha ⁻¹	Charakter
I. Rybníky najlepšie	200 – 400 a viac	rybníky dedinské s výdatnými splachmi menšej výmery
II. Rybníky dobré	100 – 200	rybníky poľné alebo lúčne s úrodnými splachmi v chránenej výslnnej polohe
III. Rybníky priemerne úrodné	50 – 100	rybníky väčšie, s malou prietočnosťou, bez splachov, mierne zatienené
IV. Rybníky zlé	pod 50	rybníky zatienené, veľmi zarastené alebo prietokové

5.2 Studenovodné rybníkárstvo

V studenovodnom rybníkárstve sa chovajú ryby, ktoré si vyžadujú vodu bohatú na kyslík, chladnú, čistú a prúdiacu vodu (Obr. 5.3 vľavo hore). Dno má byť štrkové alebo pieskové. Veľmi často sú tieto rybníkárstva neúplné a chová sa v nich len plôdik na zarybenie prirodzených vôd.

Základom chovu je umelý neres nemeckou metódou – oplodnenie v plodovej vode. Na neres sa používajú ryby pohlavne i telesne vyspelé v dobrom výživnom stave. Oplodnené a prepláchnuté ikry sa vložia do liahňových prístrojov v liahni. Po vyliahnutí sa plôdik živí obsahom žltkového vrecúška. Postupne sa prestáva filtrovať voda, aby prinášala drobné organizmy ako potravu pre plôdik. Po 2 – 3 týždňoch sa plôdik vysadzuje do väčších nádrží (kolísky), kde sa už intenzívne prikrmuje. Po ďalších 3 – 5 týždňoch sa plôdik presádza do plôdiových výťažníkov, ktoré môžu byť zemné, betónové alebo plastové (Obr. 5.3 vpravo hore a vľavo dole). Pred nasadením do týchto rybníkov je potrebné plôdiky rozdeliť podľa veľkosti, aby sa navzájom nepožierali, pričom triedenie sa v priebehu chovného obdobia opakuje. V jeseni sa rôčik presadí do hlbších a priestrannejších rybníkov.

Pre chov pstruhov a iných druhov lososovitých rýb sú najvhodnejšie malé rybníky obdĺžnikového tvaru s tvrdým dnom, dostatočným sklonom a s výdatným prítokom čistej, kyslíkovej chladnej vody.

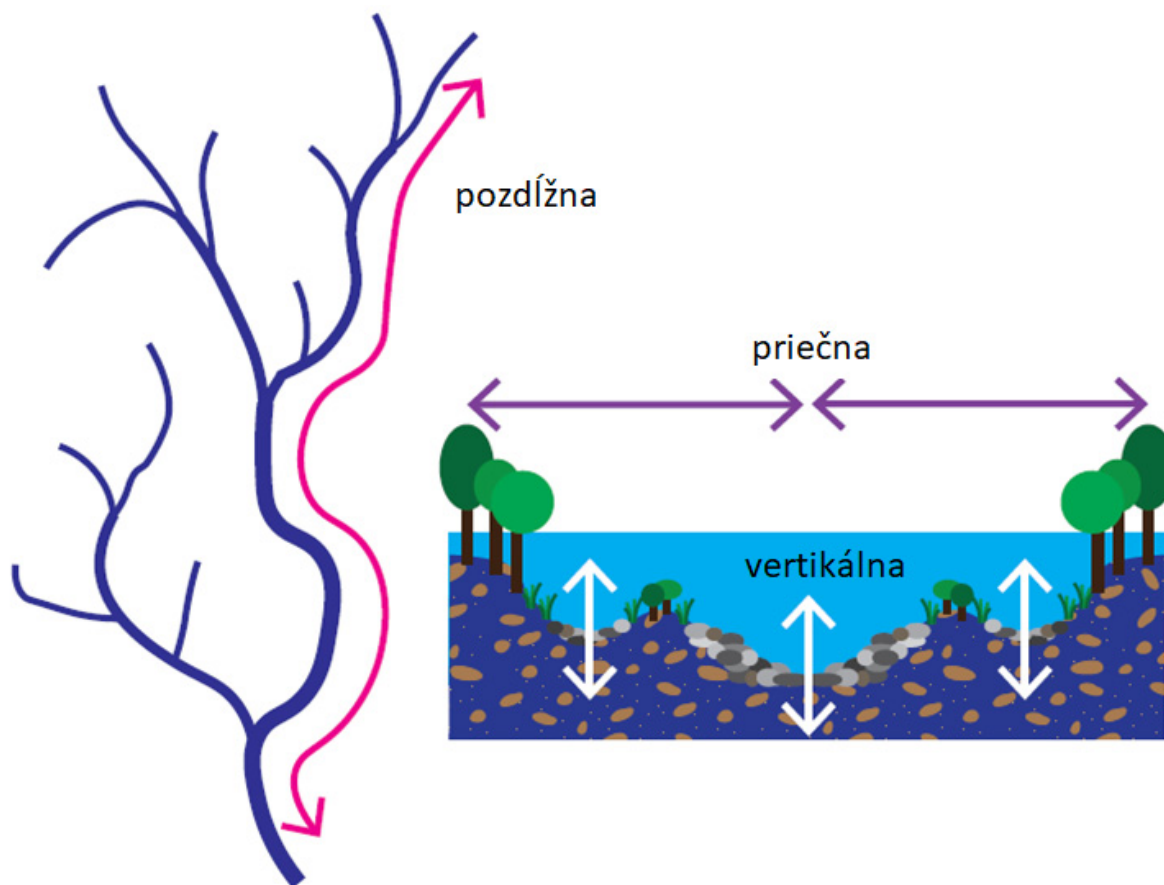


Obr. 5.3 Zabezpečenie dostatočného prekysličeného vody (vľavo hore), rozdelenie rýb podľa veľkostí do rôznych nádrží s primeranými podmienkami (vpravo hore a vľavo dole) a zabezpečenie proti úniku rýb z nádrže (vpravo dole)
(Foto: Kaletová)

6 Vodné toky v poľnohospodárskej krajine a ich úprava

Zákon č. 364/2004 Z. z. o vodách definuje vodný tok ako „vodný útvar trvalo alebo občasne tečúcich povrchových vôd po zemskom povrchu v prirodzenom koryte alebo v umelom koryte, ktoré je jeho súčasťou, a ktorý je napájaný z vlastného povodia alebo z iného vodného útvaru. Vodným tokom sú aj vody v slepých ramenách, mŕtvych ramenách a odstavených ramenách, ak sú ovplyvňované hydrologickým režimom vodného toku, ako aj vody umelo vzduté v koryte. Vodným tokom zostávajú aj povrchové vody, ktorých časť tečie pod zemským povrchom alebo zakrytými úsekmi.“

Vodné toky patria medzi najuniverzálnejšie prvky zemského povrchu. Sú neodmysliteľnou súčasťou takmer všetkých kontinentov a vyskytujú sa vo väčšine klimatických oblastí sveta. Rozličnosť procesov, ktoré sa zúčastňujú pretvárania koryt vytvárajú z vodných tokov rôznorodé a stále sa meniace ekosystémy. Z materiálu, ktorý sa eróznymi procesmi dostal do koryt vodných tokov, dochádza k uvoľňovaniu veľkého množstva živín potrebných pre rast biomasy, ktorej produkcia je zvyčajne vyššia ako u iných ekosystémov v povodí toku. To tvorí z vodných tokov dôležité biokoridory, pozdĺž ktorých sa môžu početné organizmy rozptyľovať po krajine. Pre napĺňanie prirodzených funkcií vodných tokov v krajine je dôležité zachovať priestorové väzby, ktoré sú vyjadrené mierou pozdĺžnej, priečnej (laterálnej) a vertikálnej prepojenosti riek s okolitou krajinou (Obr. 6.1).



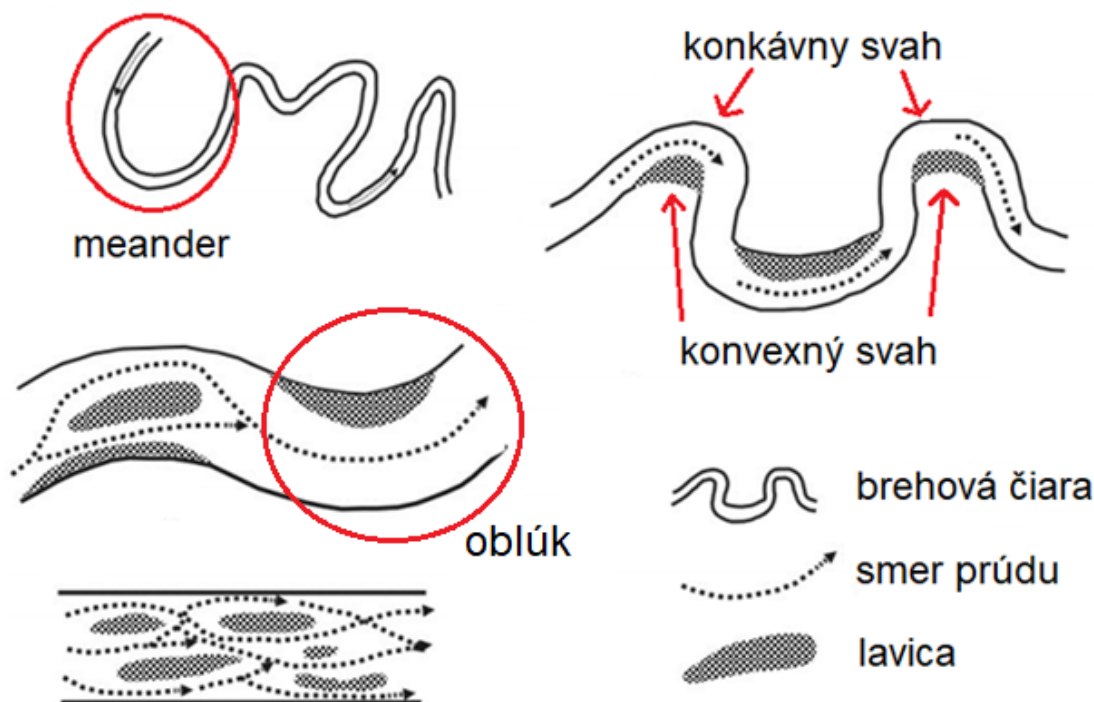
Obr. 6.1 Priestorové väzby medzi vodným tokom a okolitou krajinou (Allen et al., 2020, upravené autormi)

Slovenskú republiku s plochou 49 035,81 km² tvorí väčšinou horské prostredie a vodné toky tvoria dĺžku 49 775 km, z ktorých je 7 898 km upravených. V zmysle zákona o vodách a o zmene zákona Slovenskej národnej rady č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov rozhodujúcim správcom povrchových vodných tokov SR je Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., Banská Štiavnica. Správu drobných vodných tokov zabezpečujú aj štátne organizácie lesného hospodárstva, a to Lesy SR, š. p., Banská Bystrica, Lesopoľnohospodársky majetok Ulič, š. p., Vojenské lesy a majetky SR, š. p., Pliešovce a Štátne lesy TANAP. Z celkovej dĺžky drobných vodných tokov je v správe ostatných správcov 1 % a približne 7 % z celkovej dĺžky drobných vodných tokov nemá určeného správcu.

Funkčne neporušené a biologicky komplexné vodné ekosystémy hrajú významnú a jedinečnú úlohu pre spoločnosť, nakoľko okrem iného poskytujú zdroj vody a iného materiálu, obohacujú pôdy údolnej nivy o živiny (počas povodňových situácií), poskytujú ryby ako zdroj obživy, či predstavujú ľahko dostupný transportný systém. Medzi prirodzené funkcie vodných tokov v krajine patrí transport a vytváranie zásob vody, splavenín a živín, a taktiež stanovištné podmienky (habitat) pre rastliny a živočíchy. Spoločenské funkcie vodného toku tvoria protipovodňová ochrana, rekreácia, krajinotvorné funkcie, zásobovanie vodou, rybárstvo, riečna plavba, závlahy, výroba energie, či recipient pre odpadové vody.

Vodné toky sú vymedzené brehovou čiarou, v rámci ktorej sa za bežných situácií pohybuje voda. Trasa brehovej čiary je buď priama, v oblúku alebo tvorí meander (

Obr. 6.2). Pevný materiál (piesok, kamene, drevo a pod.), ktorý sa pomocou vodného prúdu premiestňuje vytvára na konvexných svah lavice z usadeného materiálu. Lavice sa môžu nachádzať aj uprostred vodného toku, kde vytvárajú ostrovy a sú obmývané viacerými prúdmi vody.



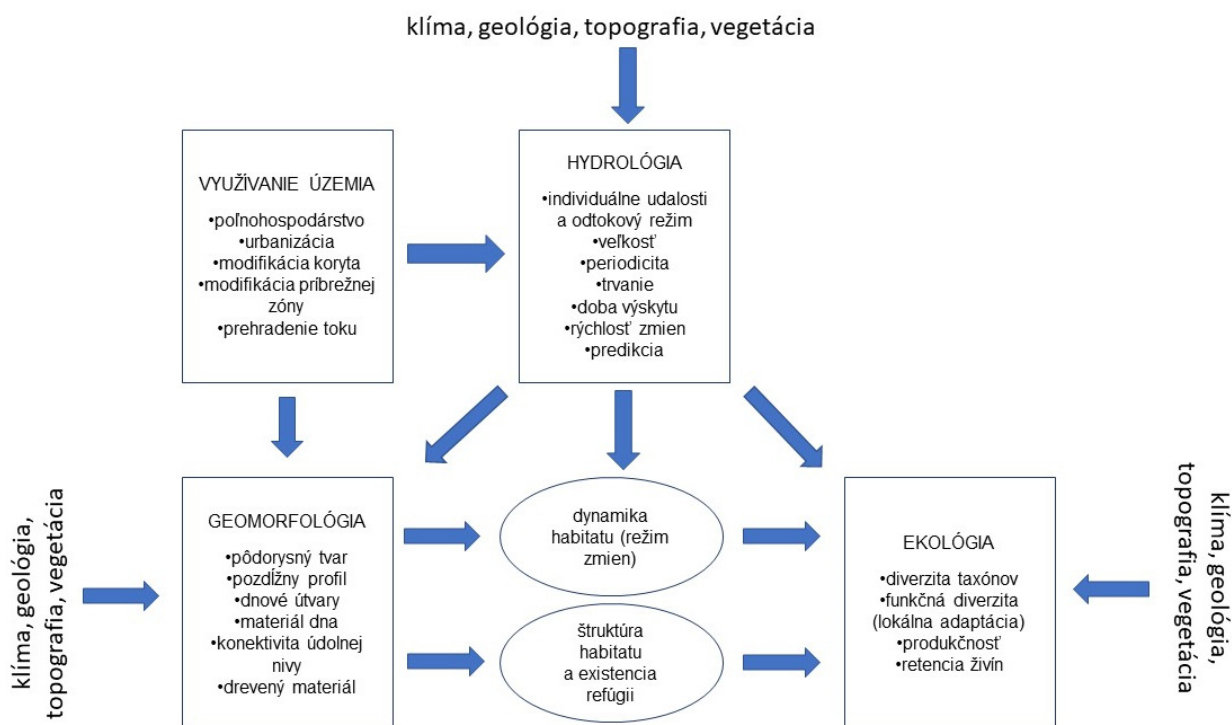
Obr. 6.2 Časti vodného toku

Významné postavenie v štruktúre riečnej krajiny (vodný tok a údolná niva) má sprievodná vegetácia vodných tokov. Predstavuje prechodnú zónu medzi akvatickou (vodnou) a terestrickou (suchozemskou) zónou. Tvoria ju účelové drevinové a trávne porasty, príp. iné porasty rastúce na brehoch a pozdĺž vodných tokov.

Sprievodná vegetácia vytvára dôležitý prvok riečnych ekosystémov. Je tvorená brehovým a sprievodným porastom v drevinovej a lúčnej forme. Brehová vegetácia je vegetácia rastúca na brehoch, ktorá okrem biologickej funkcie zabezpečuje aj odolnosť svahov voči erózii. K sprievodným porastom patrí vegetácia drevinová a lúčna, rastúca pri riekach a vodných tokoch bez ochranných hrádzi, a za brehovou čiarou v nadväznosti na porasty popri brehu, pri tokoch s ochrannými hrádzami, na predhrádzí alebo za hrádzami. Rozptýlenú zeleň tvoria jednotlivé stromy, kry alebo skupiny porastov nachádzajúcich sa na iných ako lesných pozemkoch (Šinka, Halaj, Pecháčová, 2012).

Pokiaľ je potrebné robiť zásah do úpravy vodného toku, je potrebné ho vnímať v komplexe celej krajiny a je potrebné ho vnímať v širokých súvislostiach. Teda v súvislostiach všetkých častí, ktoré zasahujú do podoby (abiotická časť) a života (biotická časť) vodného toku. Procesy sú navzájom prepojené cez odtok splaveninového režimu, charakter splaveninového materiálu, či charakter využívania územia (Obr. 6.3).

Vodný tok má klímou a prírodnými podmienkami prirodzene dané zloženie fauny a flóry, pričom pri našom zásahu sa snažíme minimalizovať antropogénne vplyvy. To sa deje najmä v prípade, ak v minulosti bola úprava urobená len z technického uhlu pohľadu a v súčasnosti pomocou revitalizácie vodného toku sa snažíme tieto úpravy zmeniť do približnej podoby vodného toku a zlepšenie podmienok pre prirodzenú faunu a flóru daného toku. Revitalizácia teda znamená oživenie, znovu oživenie vodného toku.



Obr. 6.3 Základné procesy ovplyvňujúce vodný tok

6.1 Klasifikácia vodných tokov

Vodné toky môžeme klasifikovať podľa rozličných hľadísk: podľa vodnosti (vyjadrujeme najčastejšie dlhodobý ročný prietokom Q_a), podľa veľkosti plochy povodia (podľa dĺžky hlavného toku), podľa charakteru prúdenia vody v koryte, podľa odtokového režimu a pod.

Základné rozdelenie je na:

- prirodzený vodný tok – napr. bystrina, potok, rieka,
- umelý vodný tok – napr. závlahový kanál, náhon.

Prirodzený vodný tok môžeme ešte rozdeliť na upravený a neupravený. Za upravený vodný tok, považujem vodný tok, ktorý sa v krajine prirodzene vyskytoval, alebo došlo k úprave jeho trasy, tvaru alebo opevnenia.

Vodné toky sa z hľadiska ich významu členia na:

- vodohospodársky významné vodné toky
 - vodné toky, ktorými prechádza štátna hranica,
 - vodné toky, ktoré sa využívajú ako vodárenský zdroj (na odber na pitné účely) alebo sa môžu využívať ako vodárenské zdroje,
 - vodné toky s plavebným využitím,
 - vodné toky s významným odberom vody pre priemysel a pre poľnohospodárstvo,
 - vodné toky využívané na iné účely, napr. na využívanie hydroenergetického potenciálu, ako vody vhodné pre život rýb a reprodukciu pôvodných druhov rýb alebo na rekreáciu (Vyhláška č. 211/2005 Z. z.),
- drobné vodné toky (Zákon č. 364/2004 Z. z.).

Vodné toky sa z hľadiska ich využitia členia na:

- vodárenské toky – vodný tok, ktorý je vodárenský zdroj,
- ostatné vodné toky (Zákon č. 364/2004 Z. z.).

Zoznamy vodohospodársky významných a vodárenských vodných tokov sú uvedené v prílohách č. 1 a 2 Vyhlášky 211/2005 Z. z., ktorou sa ustanovuje zoznam vodohospodársky významných vodných tokov a vodárenských vodných tokov. Vodárenskými zdrojmi sú vody v útvaroch povrchových vôd a v útvaroch podzemných vôd využívané na odbery vôd pre pitnú vodu alebo využiteľné na zásobovanie obyvateľstva pre viac ako 50 osôb, alebo umožňujúce odber vôd na takýto účel v priemere väčšom ako 10 m^3 za deň v pôvodnom stave alebo po ich úprave. Vodohospodársky významné a vodárenské vodné toky v správe SVP, š. p. majú dĺžku 11 850 km.

Podľa stálosti toku rozoznávame (Obr. 6.4):

- stály vodný tok – voda vo vodnom toku tečie počas celého roka,
- občasný vodný tok v širšom zmysle môže byť:
 - periodický vodný tok (intermitentný, sezónny) – vodný tok, ktorý v priebehu roku má prerušené prúdenie vody v koryte, napr. počas leta sa v ňom vyskytujú ojedinelé jazierka alebo úplne vyschne, alebo počas zimy celý zamrzne,
 - epizodický vodný tok (efemérny) – vodný tok, ktorý má zaznamenaný prietok len po zrážkovej udalosti alebo počas topenia sa snehu.

Odhaduje sa, že približne 50 % vodných tokov má občasný režim prúdenia a s pretrvávajúcimi zmenami klímy je možnosť ich rozšírenia. Viaceré pôvodne trvalé vodné toky sa stávajú občasnými. Na druhej strane vďaka vypúšťaniu čistených odpadových vôd, celoročnému topeniu sa snehu a ľadovcov sa niektoré občasné vodné toky stávajú trvalými.



Obr. 6.4 Občasný (vľavo) a trvalý (vpravo) vodný tok (Foto: Kaletová)

Vo všeobecnosti je zaužívané delenie vodných tokov na bystriny, horské potoky, potoky, rieky a veľtoky. Pri tomto delení sa intuitívne uplatňujú hľadiská veľkosti povodia, vodnosti a do istej miery aj charakteru prúdenia. Vychádzajúc z týchto hľadísk rozlišuje Jůva et al.(1984) nasledujúce typy tokov riečnej siete:

- bystriny,
- horské potoky,
- potoky,
- riečky,
- rieky,
- veľtoky.

Bystriny sú spravidla krátke horské toky buď samostatné s malým povodím (max. okolo 50 km²), alebo tvoria horné úseky iných tokov s pomerne malým ešte nevyvinutým povodím a obvykle s hlboko zarezaným korytom, s veľmi nepravidelným priečnym profilom a s veľkým pozdĺžnym sklonom dna (nad 20 ‰). Letné privalové dažde a náhle topenie snehu vytvárajú v rozlohovo obmedzených a značne sklonitých bystrinných povodiach veľké, rýchlo odtekajúce, erózne silné a účinné odtoky, ktoré vyvolávajú náhle rozvodnenia a spôsobujú zanášania bystrín produktmi erózie. Na druhej strane v období bez zrážok prietoky klesajú až

na stav úplného vyschnutia bystrinných koryt. Vývoj koryta bystrín býva veľmi nepravidelný. Bystriny sú hlavným zdrojom splavenín v riekach, preto aj charakter opatrení na týchto tokoch má špecifické črty a netýkajú sa len ich koryta, ale zameriavajú sa aj na obmedzenie výskytu erózných splachov.

Horské potoky sú tokmi podhorských oblastí. Tvoria prechodné úseky medzi bystrinami a potokmi, vyznačujú sa ešte značným pozdĺžnym sklonom (až 20 ‰) a stále výrazným transportom splavenín z horných úsekov bystrín. Nové splaveniny sa však vo väčšej miere už netvoria. Ich koryto je vyvinutejšie a v širších údoliach jeho trasa vytvára už zákruty. Pre prechod bystriny na horský potok stanovili Jůva et al. (1984) teoretickú hranicu sklonu dna na 5 ‰. Povodie horských potokov býva svahovité a ostro ohraničené, často s väčšou plochou povodia (až do 100 km²), takže počas privalových dažďov a pri náhlom topení snehu vznikajú veľké povodne. Prietoky horských potokov sú ešte stále značne rozkolísané.

Potoky zaraďujeme medzi vodné toky pahorkatín a nížin s menšou plochou povodia (cca do 100 km²), avšak v podstate už s vyvinutým údolím a vyrovnanším pozdĺžnym sklonom, aj keď ešte o väčšej premenlivosti, ako je tomu u riek. V nížinných polohách mávajú veľmi malý pozdĺžny sklon (0,5 až 2 ‰), takže na trase toku sa začínajú objavovať meandre, ktoré sa zanášajú usadzovaním splavenín. Za väčších prietokov dochádza k inundáciám priľahlého územia. Na členitom území, zvlášť v pahorkatinách, majú ešte značný pozdĺžny sklon (až 10 ‰), čo sa môže prejavovať vymieľaním a prehlbovaním koryta a väčším transportom splavenín so zrnami väčšieho priemeru (hrubý piesok, drobný štrk). Pri letných privalových dažďoch s krátkym trvaním s vysokou intenzitou, alebo pri náhlom topení snehu spôsobujú potoky nebezpečné povodne, obzvlášť u koryt s nedostatočnou prietokovou kapacitou a hlavne v prípade, ak je zasiahnuté privalovou zrážkou celé povodie potoka, ktorého malá rozloha urýchľuje odtok zrážkovej vody. Celková dĺžka potokov na našom území je značná a ich zastúpenie v jednotlivých povodiach podstatne ovplyvňuje rozvetvenosť a hustotu príslušných riečnych sietí.

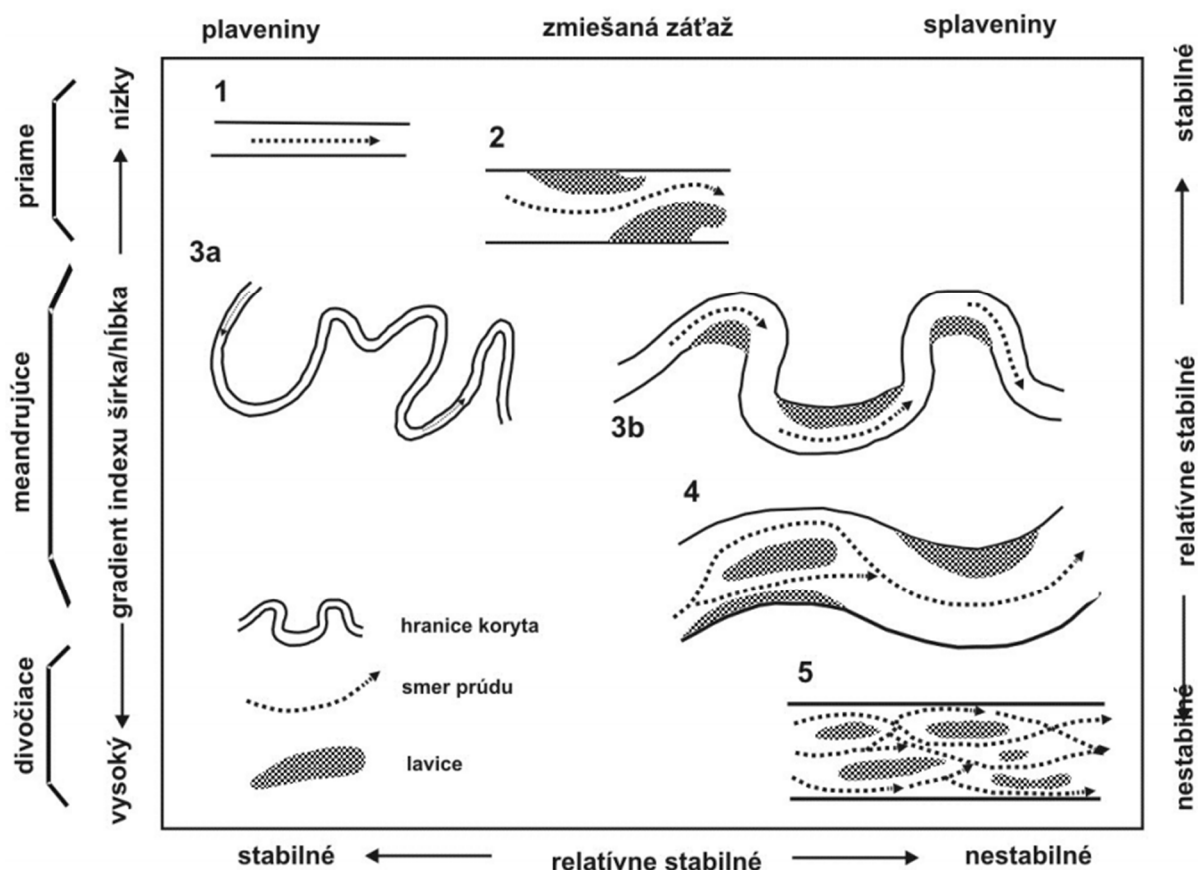
Riečky sú toky so stredne veľkými povodiami (100 km² a viac), ktoré už tvoria vlastnú hydrografickú sieť, veľakrát značne rozvetvenú a hustú. Pri menších povodiach majú podobné vlastnosti ako potoky, pri väčších povodiach sa vlastnosťami približujú charakteru riek. Sú akýmsi prechodným typom, pričom presnejšie vymedzenie medzi potokom a riekou je často ťažké stanoviť.

Rieky sú nížinné vodné toky o väčších až veľkých plochách povodí (150 km² až 2000 km²), ktoré sa delia na čiastkové povodia bočných prítokov vytvárajúcich ich riečnu sieť. Koryto riek má už vyvinutý pozdĺžny profil, s menším a pomerne vyrovnaným sklonom dna (od 0,1 až 2 ‰), čo zaisťuje vo voľných tratiach rovnomerné riečne prúdenie vody. Taktiež priečny profil toku je vo väčšej alebo menšej miere stabilizovaný, i keď počas prietoku veľkých vôd môžu vznikať brehové nátrže a tiež sa môže meniť smerový priebeh trasy toku. Údolia riek bývajú široké, pri prechode veľkých vôd zaplavované. Na dne koryt tokov sa nachádzajú riečne naplaveniny, v ktorých pretekajúci tok často vytvára oblúky a meandre. Splaveniny unášané vodou sú už jemnejšie (kal, piesok, drobný štrk), so zvýšeným zastúpením hrubších zŕn len počas vyšších prietokov.

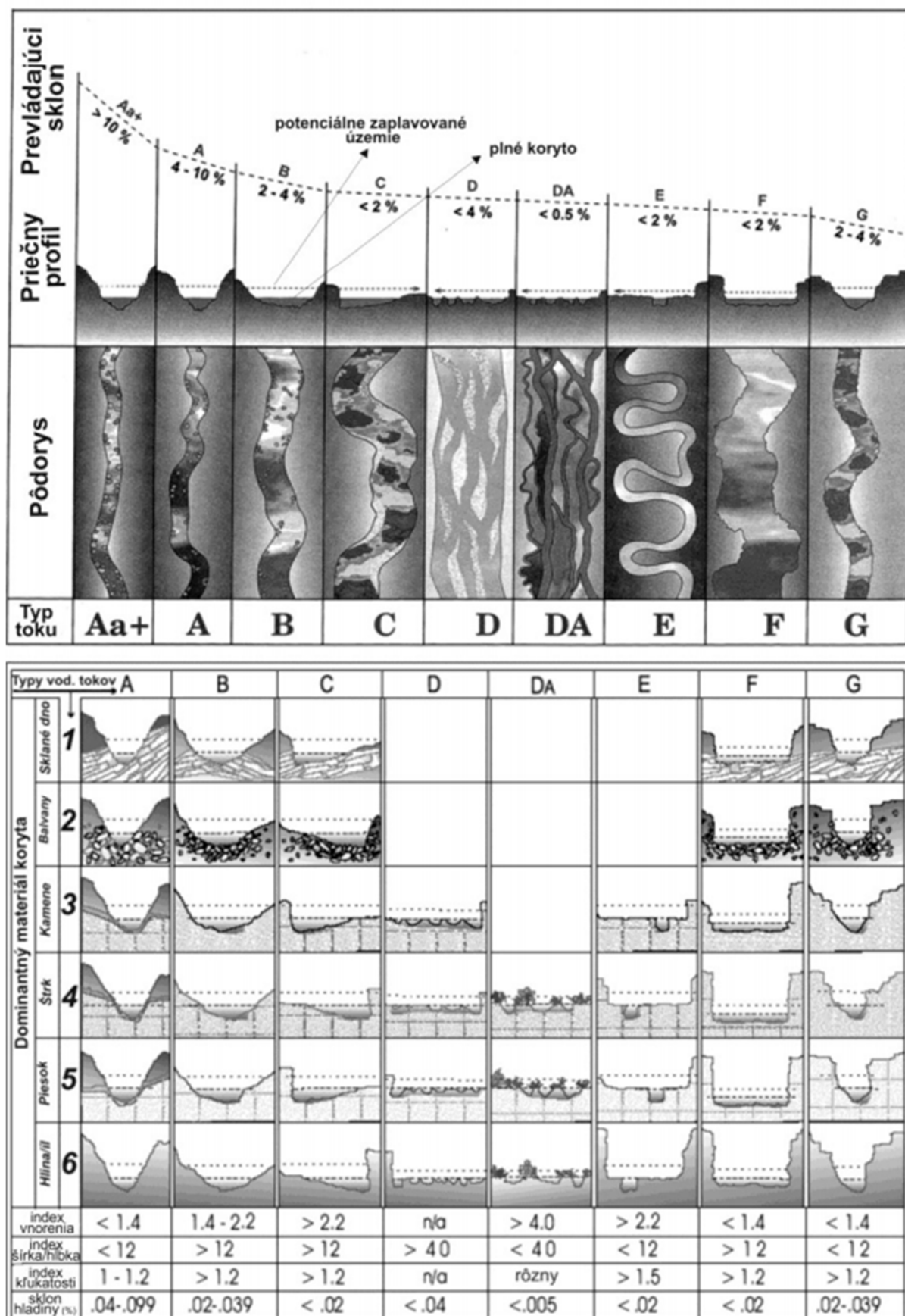
Veľtoky (veľrieky) sú najväčšie toky prvého poradia (rádu). Sú to mohutné a dlhé rieky, ktoré ústia priamo do mora, alebo do veľkých jazier. Obyčajne sú to toky, ktorých dĺžka je väčšia ako 500 km a ktorých povodie má rozlohu väčšiu ako 100 000 km². Rieky dlhšie ako 2 500 km s povodím nad 1 mil. km² sa označujú ako svetové veľtoky. Sú zásobené vodou z povodí veľkých rozlôh, takže vykazujú mimoriadne veľké prietoky, ktoré kolíšu v širokých intervaloch. Z našich vodných tokov má charakter veľtoku rieka Dunaj.

Pojem malý vodný tok, resp. vodný tok s malým povodím má v rôznych krajinách iný výklad a je podmienený účelom klasifikácie. Pri jeho vymedzení sa môžeme oprieť o STN 73 6823 Úpravy vodných tokov s malým povodím. V nej je definovaný malý vodný tok ako tok, ktorého plocha povodia je menšia ako 100 km² a zároveň väčšia ako 1 km², alebo ktorého prietok Q_{100} je menší ako 50 m³.s⁻¹.

Ďalšia pomerne zaužívaná je klasifikácia vodných tokov podľa Schumma, čo je schéma klasifikácie vodných tokov spracovaná na základe generalizácie vzťahu medzi pôdorysnou vzorkou, sedimentovou záťažou a pomerom šírka/hĺbka koryta a na ich základe odvodzujúca mieru stability koryta (Obr. 6.5). (Lehotský, Kidová, Rusnák, 2015). Na základe toho rozoznávame 6 typov vodných tokov.



Obr. 6.5 Klasifikácia vodných tokov podľa Schumma (Lehotský, Kidová, Rusnák, 2015)



Obr. 6.6 Klasifikácia vodných tokov podľa Rosgena (Lehotský, Kidová, Rusnák, 2015)

Klasifikácia vodných tokov podľa Rosgena (Obr. 6.6) je komplikovaný a na informácie náročný klasifikačný systém morfológie vodných tokov pozostávajúci zo štyroch úrovní. Na prvej úrovni sa klasifikuje morfológia doliny a pôdorysná vzorka, priečny profil a sklon koryta v rámci doliny. Druhá úroveň je zameraná na detailnejšiu klasifikáciu priečných profilov, sedimentov, indexu vnorenia koryta, pomeru šírka/hĺbka koryta. Tretia úroveň klasifikuje vodné toky podľa ich súčasného stavu a jeho potenciálnej zmeny a analyzuje dynamické vlastnosti vodných tokov. Štvrtá úroveň sa zameriava na generovanie informácií o sedimentačných, hydraulických a biologických procesoch prebiehajúcich vo vodných tokoch na báze verifikácie už zistených parametrov, resp. terénymi meraniami (Lehotský, Kidová, Rusnák, 2015). Podľa tejto klasifikácie rozoznávame 7 základných a 2 prechodné typy morfológie vodných tokov, a to v rôznej forme priame, meandrujúce a divočiace.

6.2 Všeobecné zásady úpravy vodných tokov

Pri návrhu úpravy alebo zásahu do akéhokoľvek vodného toku je potrebné vychádzať z ustanovení STN 75 2101 Ekologizácia úprav vodných tokov a STN 75 2102 Úpravy riek a potokov a ďalších predpisov. Pred návrhom úpravy vodného toku je potrebné technicko-ekonomicky a ekologicky preukázať jej potrebu v porovnaní s nahradením jej účelu výstavbou akumulčných priestorov v horných častiach povodia pri snahe zachovať prirodzený vodný tok v úseku navrhovanej úpravy.

Podľa intenzity zásahu do vodného toku, resp. jeho úpravy rozoznávame (STN 75 2102):

- údržbu toku – sústavnú a pravidelnú starostlivosť o vybudovanú úpravu, ktorou sa spomaľuje proces fyzického opotrebovania a zhoršovania projektových parametrov,
- opravu toku – odstraňovanie miestneho poškodenia úpravy toku a súvisiacich objektov a zariadení,
- rekonštrukciu toku – zásah do konštrukčného usporiadania úpravy toku a brehových porastov, ktorý presahuje rozsah zvyčajný na údržbu a bežné opravy a ktorým sa zmení použitý stavebný materiál, technické parametre alebo funkcie úpravy, príp. jej časti, úprava odtokových pomerov povodia a pririekovej, resp. prítokovej zóny,
- revitalizácia toku – obnova ekologickej funkcie vodného toku a kvality vody pri súčasnom dodržaní jeho ostatných funkcií a s prípadným prehodnotením stupňa ochrany.

Účelom úpravy vodného toku je spravidla:

- protipovodňová ochrana pozemkov a objektov,
- úprava odtokových pomerov povodia a pririekovej, resp. prítokovej zóny,
- revitalizácia toku a pririekovej zóny,
- úprava splaveninového režimu toku,
- stabilizácia brehov a dna koryta,
- zlepšenie kvality vôd,
- umožnenie odberu vody a zaústenie odpadových vôd a prítokov,
- energetické využitie toku,
- umožnenie úpravy vodného režimu príľahlých poľnohospodárskych a lesných pozemkov,
- zlepšenie plavebných podmienok na splavnených tokoch (STN 75 2102).

Úpravy riek a potokov sa majú navrhnuť tak, aby sa vylúčili, alebo aspoň obmedzili zásahy do toku, ktoré sú z ekologického hľadiska nevhodné, ako napr.:

- napriamienie koryta a odstránenie jeho pôdorysnej členitosti (zrušením oblúkov a meandrov), ktoré vedú k skráteniu dĺžky vodného toku a zníženiu množstva vody zadržiavanej v krajine;
- zväčšenie pozdĺžneho sklonu a vyrovnanie jeho nepravidelností s následným zväčšením rýchlosti vody v koryte, zmeny prietokového a splaveninového režimu;
- odstránenie členitosti koryta v priečnom a pozdĺžnom smere, likvidácia prúdových tieňov a prirodzených úkrytov vodných živočíchov, fixácia prizmatického koryta s tvrdým nepoddajným opevnením, s obmedzenou povrchovou plochou a malou drsnosťou;
- pri použití málo priepustného opevnenia obmedzenie priameho kontaktu vody v koryte s podložíom pod opevnením a podzemnou vodou v nive;
- nadmerné zahĺbenie koryta, ktoré sa prejavuje zväčšením jeho drenážneho účinku, a tým aj zmenou vodného režimu pôd pozdĺž toku;
- odstránenie sprievodnej vegetácie s negatívnymi dôsledkami pre krajinotvornú, biologickú, rekreačnú a estetickú funkciu toku, zoranie pozemkov pozdĺž toku s nepriaznivými dôsledkami pre hygienickú a účelovú funkciu toku a s nebezpečenstvom zrýchlenia vodnej erózie;
- výstavba objektov na toku obmedzujúca migráciu vodných živočíchov a zhoršujúca estetickú funkciu toku;
- zakrytie toku, ktorým sa vytvára migračná bariéra;
- vyústenie prítokov od bodových zdrojov znečistenia a kontakt s difúznymi a plošnými zdrojmi znečistenia;
- narušenie ekologických väzieb vodného toku a jeho nivy s porušením litorálnych a ekotónnych ekosystémov.

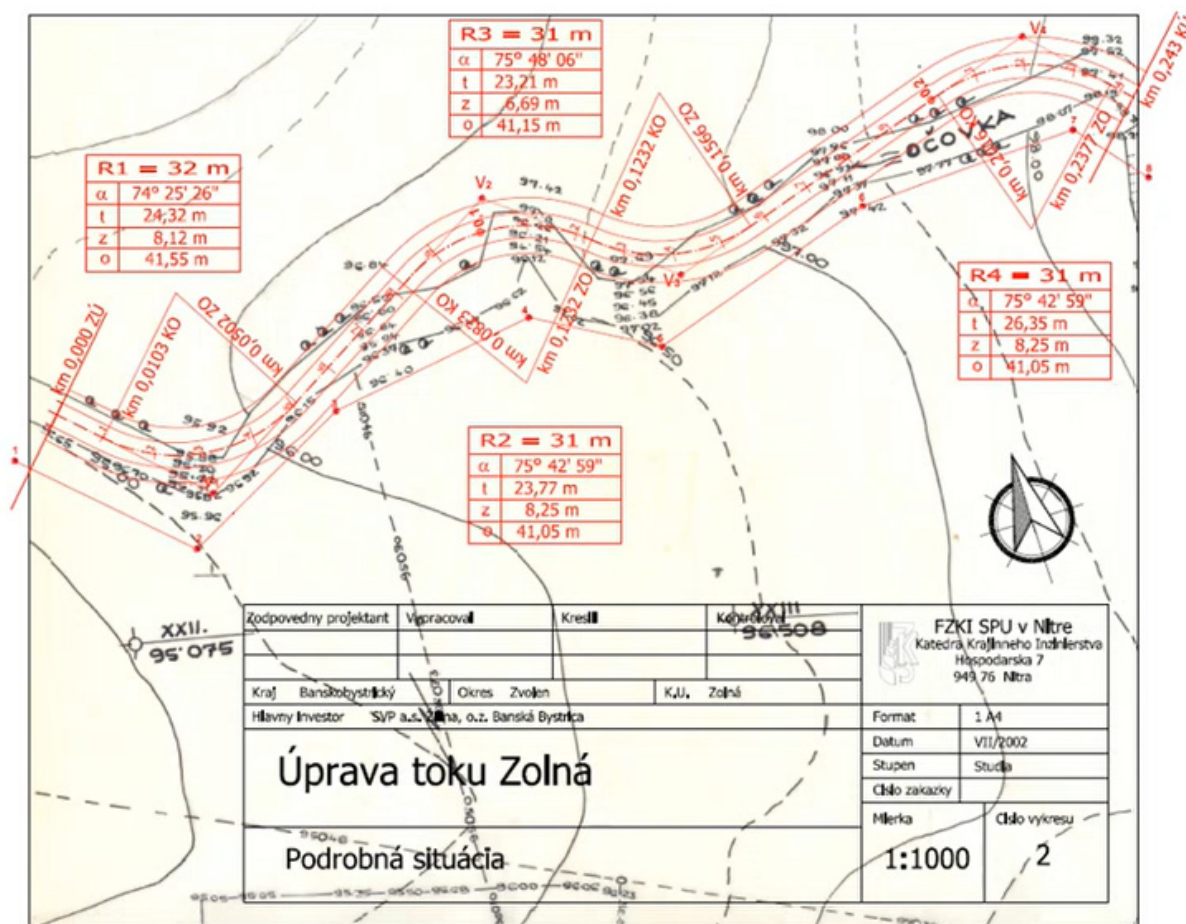
Pri úpravách vodných tokov teda riešime:

- stanovenie návrhových prietokov pre kapacitu a návrh opevnenia koryta na základe podkladov od SHMÚ,
- spôsob riešenia odtokových pomerov v údolnej nive,
- trasu vodného toku aj vzhľadom na existujúcu cestnú sieť alebo líniové vedenia,
- pozdĺžny profil a zahĺbenie dna koryta,
- tvar a kapacitu prietokového profilu,
- objekty na vodnom toku,
- sprievodnú vegetáciu,
- zaústenie prítokov,
- ochranné hrádze (STN 75 2102).

6.2.1 Návrh trasy vodného toku

Trasa sa má navrhnuť tak, aby spĺňala optimálne požiadavky z hľadiska technického, prevádzkového, ekonomického a estetického s prihliadnutím na spôsob (možnosti) realizovania úpravy vodného toku a aby vyhovovala tézam o trase. Pri úpravách vodných tokov sa na podklade prieskumu stanovujú stabilné úseky, ktorým sa navrhovaná trasa prispôbi. Prioritne má byť trasa navrhnutá tak, aby bol čo najmenší vplyv na ekosystém vodného toku. Skrátenie upravovaného toku pri úprave je prípustné len v nevyhnutnom prípade a musí sa vždy osobitne zdôvodniť. Skrátením sa zväčšuje pozdĺžny sklon vodného toku, čo často nepriaznivo vplýva na hladinový režim podzemných vôd v pririekovej, resp. prítokovej zóne a v koryte vodného

toku, priemernú profilovú rýchlosť a schopnosť vodného toku transportovať splaveniny. Pri návrhu preložky vodného toku sa vychádza najmä z údajov o predchádzajúcom vývoji trasy a z vedenia trasy vodného toku v úsekoch nadväzujúcich na upravovaný úsek. Návrh trasy upravovaného vodného toku sa spravidla navrhuje variantne s výnimkou prípadov, keď je morfológicky jednoznačne určený.



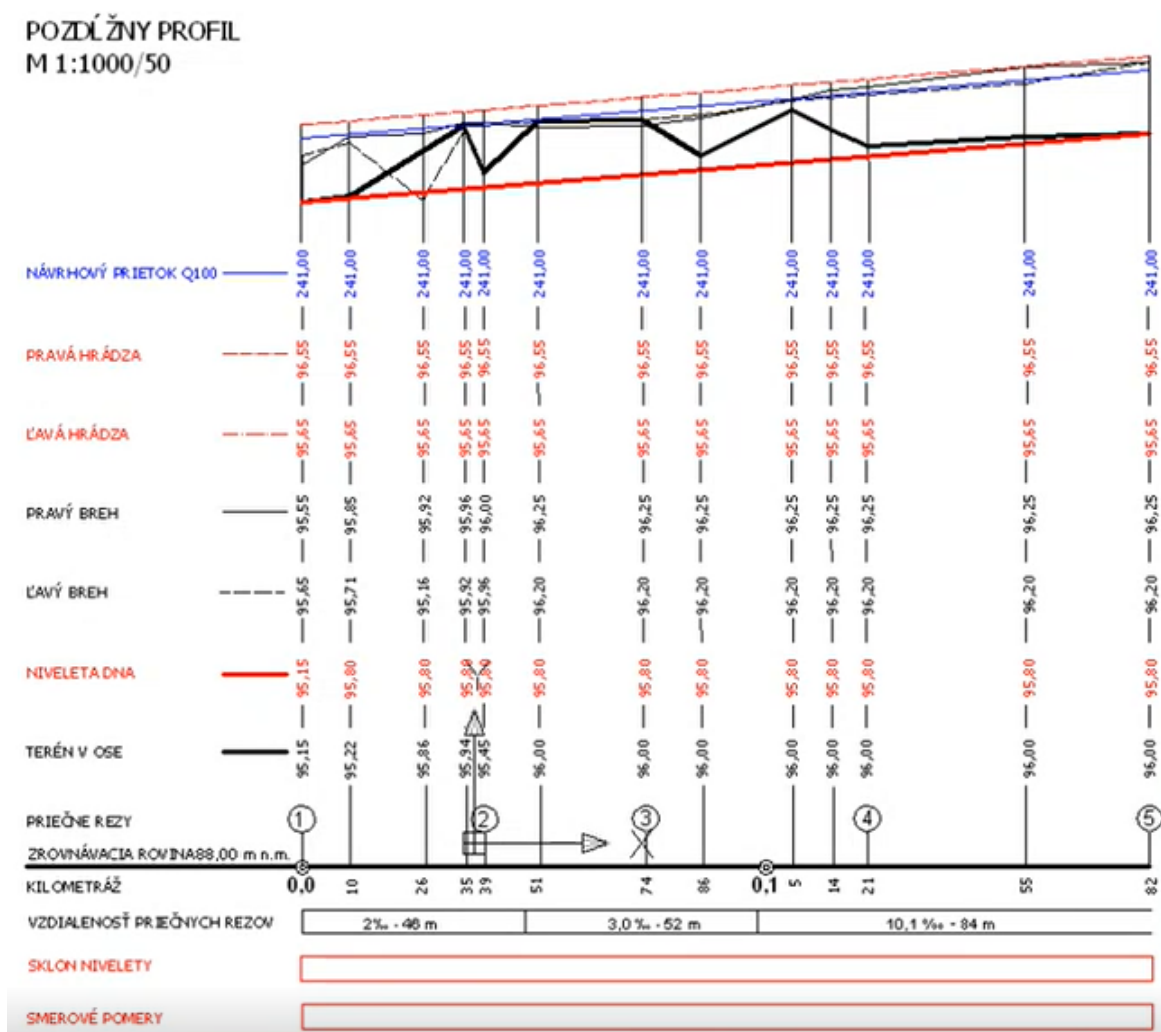
Obr. 6.7 Ukážka návrhu trasy upravovaného vodného toku

Pri návrhu oblúkov v trase určujeme ich tvar (krivosť) a dĺžku, ktoré na jednotlivých vodných tokoch závisia v prvom rade od pozdĺžneho sklonu dna, šírky koryta, od veľkosti prietoku a od množstva splavenín. V prípade preložky sa nová trasa navrhuje z protismerných jednoduchých alebo zložených oblúkov s krátkym priamym úsekom medzi oblúkmi. Polomery oblúkov sa určujú v závislosti od šírky hladiny pri návrhovom prietoku. Všetky tieto návrhy sú uvedené v podrobnej situácii úpravy toku, kde je nový návrh trasy (od začiatku úpravy po jej koniec) uvedený červenou farbou. Čiernou farbou je uvedený pôvodný stav. Okrem samotnej trasy toku sú v situácii uvedené oblúky s príslušnými parametrami, ako je začiatok a koniec oblúka, polomer, uhol a pod. (Obr. 6.7).

6.2.2 Návrh pozdĺžneho a priečneho profilu koryta vodného toku

Pozdĺžny sklon dna, šírka koryta, hĺbka koryta, pohyb splavenín a návrh opevnenia sa musia riešiť vo vzájomnej súvislosti. Úprava pozdĺžneho sklonu dna má za cieľ zabezpečiť stabilitu

vodného toku. Pri vytváraní dokumentácií pre úpravu pozdĺžneho sklonu v pozdĺžnom profile uvádzame mierku pre dĺžkové a výškové parametre pre celý úsek úpravy, údaje o návrhovom prietoku, navrhované kóty pravej a ľavej hrádze, kóty aktuálneho pravého a ľavého brehu, kótu nivelety dna, kótu aktuálnej osi terénu a zrovnávaciu rovinu, ku ktorej sú vzťahnuté nadmorské výšky. Ďalej uvádzame kilometráž vodného toku, vzdialenosť vzorových priečných rezov spolu so sklonom dna medzi nimi. V prípade návrhu oblúkov alebo objektov na trase, v priečnom reze je zaznačené aj ich umiestnenie a základné parametre. Čiernou farbou je zachytený aktuálny stav, modrou farbou hladina vodného toku a červenou farbou navrhované parametre (Obr. 6.8).



Obr. 6.8 Ukážka návrhu pozdĺžneho sklonu dna vodného toku

Za stabilné dno koryta považujeme stav, keď nánosy a výmole vzniknuté po úprave neohrozia stabilitu brehov a nespôsobia nežiaducu zmenu kapacity koryta. Našou snahou je zaistiť stav, aby sa splaveniny trvalo neukladali vo vodnom toku a aby sa dno, prípadne svahy trvalo nevymieľali.

Úprava vodných tokov musí vyhovovať požiadavkám na odtokové pomery nielen v koryte vodného toku, ale aj v celej údolnej nive. V návrhu úpravy sa musí vyriešiť priebeh hladín pri návrhovom prietoku (Q_n), ale aj pri malých prietokoch, ktoré sú limitujúce pre biotu vo vodnom toku, plavbu, agrotechnické postupy a ostatné prietoky (napr. pre návrh výšky nevegetačného opevnenia a pod.). Návrhovým prietokom môže byť napr. tzv. storočný prietok (Q_{100}), čo je prietok, ktorý sa vo vodnom toku vyskytne s pravdepodobnosťou raz za sto rokov. Na druhej strane je potrebné pre zachovanie bioty vo vodnom toku zabezpečiť minimálne Q_{355d} , čo je prietok, ktorý je vo vodnom toku minimálne 355 dní počas roka.

Návrhový prietok (pre kapacitu koryta) sa stanovuje na základe analýzy vzťahu ochranného účinku úpravy, ekonomických parametrov a vplyvu na ekosystém. Najvýhodnejšia kombinácia týchto požiadaviek je určujúca pre celkový návrh úpravy vodného toku. Pri návrhu zohľadňujeme aj vplyv prítokov na hladinový režim vo vodnom toku. Orientačné údaje návrhových prietokov pre kapacitu koryta podľa STN 75 2102 uvádza Tab. 6.1.

Tab. 6.1 Orientačné údaje návrhových prietokov pre kapacitu koryta podľa STN 75 2102

Druh príľahlých pozemkov	Návrhový prietok Q_n
Historické centrá miest, historická zástavba	$> Q_{100}$
Súvislá zástavba, priemyselný areál, významné líniové stavby a objekty	$\geq Q_{100}$
Rozptýlená bytová a priemyselná, súvislá chatová zástavba	od Q_{20} do Q_{50}
Veľmi cenná pôda, vinice, chmeľnica a pod.	od Q_{20} do Q_{50}
Orná pôda (podľa jej bonity)	od Q_5 do Q_{20}
Lúky a lesy	od Q_1 do Q_2

Návrh priečného profilu koryta vodného toku v značnej miere ovplyvňuje úspešnosť navrhovanej úpravy a determinuje spôsob údržby koryta a estetické zladenie s krajinou. Navrhovaný profil má vyhovovať týmto požiadavkám:

- má mať dostatočnú kapacitu na odvedenie návrhového prietoku,
- má byť odolný proti účinkom prúdiacej vody,
- nemá porušiť stabilný splaveninový režim prirodzeného vodného toku,
- má vyhovovať hygienickým, rekreačným a estetickým požiadavkám,
- ma vytvárať vhodné podmienky pre členitú štruktúru dna, ktorá by mala byť podobná ako pri prirodzenom vodnom toku.

Pri návrhu priečného profilu treba zohľadniť:

- pomer vysokých a nízkych vodných stavov,
- zastavanosť územia,
- produktivitu poľnohospodárskej oblasti,
- biologické pomery,
- geotechnické vlastnosti koryta,
- tvar a veľkosť koryta nad a pod upraveným úsekom,
- členitosť koryta,
- ichtyologické požiadavky na tvorbu vhodného habitatu v období minimálnych prietokov.

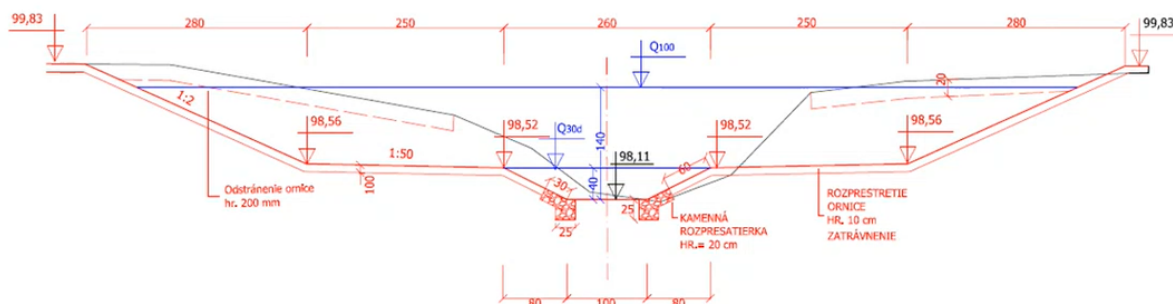
TABUĽKA HYDRAULICKÝCH HODNOT			
N ROKOV, M DNÍ	Q m ³ s ⁻¹	v m/s	h m
100 rokov	14,5	1,85	1,40
30 dní	0,256	0,85	0,40

VZOROVÝ PRIEČNY REZ

KM 0,000 - 0,355

n = 0,030 lo = 0,0034

M = 1:50



Obr. 6.9 Ukážka vzorového priečného rezu navrhovanej úpravy vodného toku

Pri úprave priečného profilu koryta vodného toku zohľadňujeme prietoky, ktoré sa vo vodnom toku vyskytujú, a preto často volíme pre rôzne úseky rozdielne parametre koryta. Pri každom vzorovom priečnom reze je uvedené, pre ktoré riečne kilometre je platný, s uvedením súčiniteľa drsnosti a sklonu dna daného úseku. Okrem mierky spracovaného rezu je v návrhu uvedená aj tabuľka hydraulických hodnôt (prietok, rýchlosť a výška tečúcej vody), príp. aj merná krivka prietoku, parametre a kóty koryta, opevnenie dna a svahov, ako aj výška hladiny pri návrhových prietokoch (Obr. 6.9). Ako v predchádzajúcich ukážkach, návrh nového stavu je uvedený červeným, pôvodný stav čiernym.



Obr. 6.10 Jednoduchý lichobežníkový profil koryta vodného toku s priečnymi objektmi v dne toku (Foto: Kaletová)

Priečný profil môže byť lichobežníkový, miskovitý, obdĺžnikový, rôzne kombinovaný a tiež uzavretý. Jednoduchý lichobežníkový profil (Obr. 6.10) sa používa, ak sú prietoky vodného toku v priebehu roka vyrovnané, koryto je dostatočne hlboké a neusadzujú sa v ňom splaveniny. Nevýhoda tohto profilu je, že pri malých prietokoch sa v širokom dne pri malej hĺbke voda prehrieva, čo nepriaznivo pôsobí predovšetkým na ryby. Tiež môže dochádzať k zanášaniam koryta a následnému zarastaniu vegetáciou. Preto sa použitie tohto profilu odporúča pre malé vodné toky, ktoré majú šírku koryta do 3 m a plochu povodia do 5 km².

Miskovitý profil sa svojim tvarom najviac približuje prirodzeným korytám, lebo dáva dobré vedenie prúdnic. Vzhľadom na používanú mechanizáciu pri výstavbe koryta je vhodnejší polygónový tvar priečneho profilu, ktorý je v priamej trase symetrický a v zakrivenej má nesymetrický tvar.

Stabilný výmol zabezpečuje väčšiu hĺbku vodného toku aj v období minimálnych prietokov. Upravené koryto nadobúda charakter prirodzeného vodného toku, v ktorom sa striedajú zóny prúdiacej vody s prúdovými tieňmi, teda pomalšie tečúcou vodu.

6.3 Návrh opevnenia koryta vodného toku

Ak pri posudzovaní stability koryta zistíme, že určité časti omočeného obvodu sú nestabilné (zvyčajne konkávny svah), je potrebné ich opevniť. Opevňovací materiál má za cieľ vytvoriť umelú odolnosť koryta. Opevňujú sa svahy a podľa potreby aj dno. Opevnenie dna neprichádza do úvahy u tokov so širokým dnom a veľkou vodnosťou. Opevnenie svahov má pozitívny účinok na ustálenie trasy, eliminuje procesy brehovej a dnovej erózie, a tým vplýva na vytváranie nových splavenín čím sa stabilizuje i pozdĺžny profil.

Na základe výsledkov posúdenia prirodzenej stability koryta, zohľadňujúc ekologické hľadiská, výšku investičných nákladov, ako aj nákladov na prevádzku a údržbu pristúpime k voľbe druhu opevnenia.

V rámci súčasných trendov v oblasti úprav a revitalizácií vodných tokov sa uprednostňujú prírodné materiály, z ktorých dávame prednosť hlavne vegetačnému opevneniu, resp. kombinácii vegetačného a nevegetačného opevnenia. Ďalšou možnosťou je použitie len nevegetačného opevnenia. Opevnenie koryta vodného toku zabezpečuje požadovanú odolnosť jeho jednotlivých častí voči mechanickým a chemickým účinkom prúdiacej vody, pohybu splavenín, chodu ľadov, veternej erózie atď. Opevnenie môže taktiež zaisťovať stabilitu svahov, ktorých sklon nezodpovedá mechanickým vlastnostiam materiálu, v ktorom je koryto budované alebo svahov, ktoré sú ohrozené zosuvom.

Z pohľadu revitalizácie vodných tokov máme záujem o prednostné použitie vegetačného opevnenia, resp. kombináciu vegetačných a nevegetačných prírodných materiálov. Použitie vegetačného opevnenia je ovplyvnené podmienkami klimatickými, pôdnymi, vlhkovými, hydraulickými (zarastanie prietokového profilu, doba zaplavenia, výška hladiny pri opevňovacích prácach), chemickým (kvalita vody v toku) a chodu splavenín (obrusovanie materiálu a zanášanie). Musíme brať do úvahy aj okolnosť, že vegetačné opevnenie plní svoju funkciu až po vytvorení nadzemnej hmoty a koreňového systému. Pri návrhu vegetačného opevnenia je taktiež potrebné zohľadňovať dobu jeho zaplavenia v priebehu roka.

Vegetačné opevnenie, obyčajne nemôžeme použiť preto, že opevňovaná časť je pod úrovňou hladiny prietoku Q_{90d} až Q_{180d} , kde by vegetačné opevnenie neznieslo dlhšie trvajúce zaplavenie. Nevegetačné, tzv. „tvrdé opevnenia“ navrhujeme na stabilizáciu koryt vodných tokov, vyžadujúcich opevnenie so zvýšenou bezpečnosťou. Nevegetačné opevnenie používame i v blízkosti objektov a zariadení na vodných tokoch a tam, kde šírka koryta je obmedzená inými záujmami (urbanistické zámery, komunikácie). Tento typ opevnenia navrhujeme aj v tokoch s intenzívnym pohybom splavenín, alebo v prípadoch, keď chceme minimalizovať drsnosť koryta a presakujúce množstvo vody z koryta do okolitého prostredia (závlahové kanály, privádzače k energetickým dielam, plavebné kanály atď.).

Pojmom kombinované (polovegetačné) opevnenie označujeme opevnenie, kde došlo k účelnému spojeniu vegetačných a nevegetačných opevňovacích prvkov. Na rozdiel od niektorých nevegetačných opevnení, tieto umožňujú dobré spojenie vody v koryte vodného toku s podzemnou vodou. Po rozvinutí koreňového systému vegetácie v škárah a otvoroch tvrdého opevnenia dochádza k stabilizácii podložia a vplyvom zvýšenej drsnosti sa zmenší aj erózný účinok prúdiacej vody a taktiež sa zvyšuje stabilita svahu voči zosuvu. Tento druh opevnenia prispieva k návratu k prírodnému charakteru toku, ktorý sa stráca pri niektorých druhoch nevegetačného opevnenia. Taktiež prispieva k zlepšeniu mikroklimy a zlepšeniu životných podmienok v koryte vodného toku. Medzi najčastejšie používané druhy kombinovaného opevnenia patria: opevnenie z polovegetačných (trávovo betónových) tvárnic, oživená rozprestierka, oživená nahádzka a oživený zrub.

6.3.1 Úpravné a revitalizačné objekty na vodných tokoch

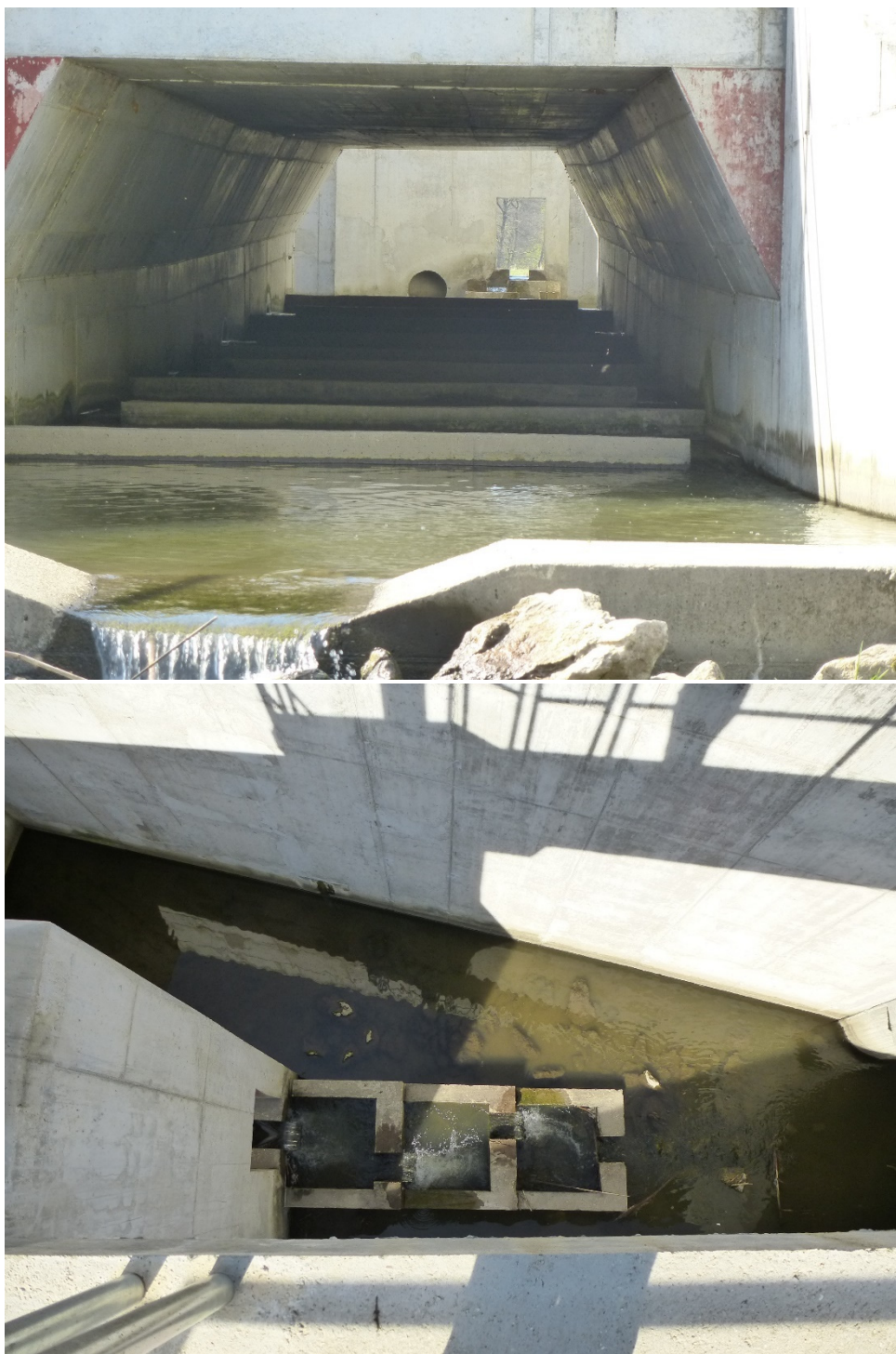
Pri úpravách a revitalizáciách vodných tokov sa stretávame hlavne s tromi typmi objektov (Obr. 6.11):

- objekty, ktoré si vyžaduje vlastná úprava, resp. revitalizačné opatrenie, ako napr. ochranné hrádze, stupne, sklzy,
- iné vodohospodárske objekty, ako napr. objekty na odbery pre závlahy, zaúst'ovacie objekty, stokové výpusty atď.,
- komunikačné objekty slúžiace na kríženia komunikácií a sietí s vodným tokom, napr. brody, mosty atď.



Obr. 6.11 Objekty na vodných tokoch; prahy (vľavo), most a prehrádzka (vpravo) (Foto: Kaletová)

Pri návrhu revitalizačných opatrení technického charakteru ide spravidla o objekty podporujúce členitosť koryta bez výraznejších energetických nárokov. Zvýšením členitosti koryta vytvárame priaznivé biologické podmienky vo vodnom toku, čo sa výrazne prejaví hlavne v období minimálnych prietokov. Do tejto skupiny objektov môžeme zaradiť i objekty odstraňujúce negatívny dopad migračných bariér a vodohospodárskych objektov, ako napr. priehrad, malých vodných elektrární, hatí, vysokých stupňov, odberných objektov na ichtyofaunu vodných tokov (rybovody (Obr. 6.12), rybie zábrany), ale aj objekty zlepšujúce podmienky ich života v toku (rybie útulky, bočné jamy, rozmiestnené kamene).



Obr. 6.12 Rybovod pod hrádzou poldra (Foto: Kaletová)

7 Použitá literatúra

- Abdelraouf Ramadan. 2009. Study the performance of pulse drip irrigation in organic agriculture for potato crop in sandy soils. Thesis National Research Center, Egypt 2009
- Aydin, E., Antal, J. 2019. Integrovaný manažment povodia poľnohospodársky využívanej krajiny.: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 178 s. ISBN 978-80-552-2090-1
- Biswas, A.K. 2008. Integrated Water Resources Management: Is It Working? International Journal of Water Resources Development, 24:1, 5-22, DOI: 10.1080/07900620701871718
- Bodik I., Kriška M., Gemeran D., Jurík L., Mackuľák T., Zamkovský J., Žember J. 2017: Analýza podmienok správneho návrhu a aplikácie extenzívnych systémov čistenia odpadových vôd vo vybraných obciach okresu Rimavská Sobota, 2017.
- Český hydrometeorologický ústav, 2020. Typy povodní. Dostupné na internete: <<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/ruzne/vyuka/HYDRO/14.pdf>>
- Čistý, M. 2005. Rybníky a malé vodné nádrže II. Bratislava : Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2005. 96 s. ISBN 80-227-2294-4.
- Dostál, T., Bauer, M., Krása, J. 2019. Retenční kapacity krajiny - prevence povodní i sucha? In Hospodaření vodou. Stavební kniha 2019. Praha: Informační centrum ČKAIT. s. 9-16. ISBN 978-80-88265-15-3
- Dub O. 1957. Hydrológia. Hydrografia. Hydrometria. Bratislava : Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry. 488 s.
- Falkenmark, M. et al. 1999. Water, a reflection of land use. Options for counteracting land and water mismanagement. Stockholm : Swedish natural science research council, 1999. 130 s. ISBN 91-546-0358-7.
- Gergel, J. 1998: Aktivizace samočisticí schopnosti koryt drobných vodních toků a malých vodních nádrží, závěrečná zpráva grantového projektu NAZV EP 0960098 6278, 1998.
- Halaj, P., Antal, J., Aydin, E., Čimo, J., Fuska, J., Jurík, L., Kaletová, T., Pokrývková, J., Tárnik, A. 2020. Vodné hospodárstvo - učebné texty pre akreditovaný vzdelávací program. 1. vyd. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2020. 147 s. ISBN 978-80-552-2159-5.
- Jurík, L. 2018. Vodné stavby a malé vodné nádrže. 1. vyd. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2018. 174 s. ISBN 978-80-552-1942-4.
- Jurík, L., Kaletová, T., Medovičová, M., Krupová, K. 2010. Povodne na Slatvinci v rokoch 2008 a 2010. In: Povodne 2010: príčiny, priebeh a skúsenosti: príspevky z konferencie s medzinárodnou účasťou 3.-5. November 2010, Štrbské Pleso, Bratislava: Výskumný ústav vodného hospodárstva, 2010. ISBN 978-80-8962-71-3.
- Jurík, L., Pierzgalski, E., Hubačíková, V. 2011. Vodné stavby v krajine : malé vodné nádrže. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2011. 167 s. ISBN 978-80-552-0623-3.
- Jůva, K., Dvořák, J., Tlapák, V. 1987. Odvodňování zemědělské půdy. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1987. 318 s.
- Králová, H. Vodní hospodářství krajiny I. Brno : Vysoké učení technické v Brně, 120 s.

- Lehotský, M., Kidová, A., Rusnák, M. 2015. Slovensko-anglické názvoslovie morfológie vodných tokov. *Geomorphologia Slovaca et Bohemica*, roč. 15, č. 1., 61 s.
- Lepeška T. 2005. Základné princípy integrovaného manažmentu povodí. In *Vodohospodársky spravodajca*, vol. 7-8, p. 6-8. ISSN 0322-886X.
- Majerčáková, O. 2014. Vodné zdroje na Slovensku. Bratislava. <http://www.fyzickageografia.sk/geovedy/texty/majercakova.pdf>
- Milerski, R. *Vodohospodárske stavby : Meliorační stavby*. Brno : Vysoké učení technické v Brně, 60 s.
- Mioduszewski, W. 1999. *Ochrona i kształtowanie zasobów wodnych w krajobrazie rolniczym* [Protection and shaping of water resources in agricultural landscape]. Falenty. Wydaw. IMUZ. ISBN 83-85735-79-8 pp. 165.
- Myers, S. D. et al. 1999. *Zabezpečenie nakladania s komunálnymi odpadovými vodami - Sprievodca pre laikov*. Bratislava : STIMUL, 1999. 133 s. ISBN 80-88982-17-0.
- Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 269/2010 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd
- OTN ŽP 3112-1:03: Kvantita povrchových a podzemných vôd. Hydrologické údaje povrchových vôd. Kvantifikácia povodňového režimu. Časť 1: Stanovenie N-ročných prietokov a N-ročných prietokových vln na väčších tokoch.
- Pokorný, J. 2009. *Vodní hospodářství. Stavby v rybářství*. Praha: Informatorium. 332 s. ISBN 978-80-7333-071-2
- Pokrývková, J., Jurík, Ľ. 2018. *Vodné hospodárstvo [elektronický zdroj]*. 1. vyd. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2018. online (144 s.). Dostupné na internete: <<http://ves.uniag.sk/files/pdf/59h94wqpdx6egoiu6dxcx97ffmn7vz.pdf>>. ISBN 978-80-552-1929-5.
- Rehák, Š., Bárek, V., Jurík, Ľ., Čistý, M., Igaz, D., Adam, Š., Lapin, M., Skalová, J., Alena, J., Fekete, V., Šútor, J., Jobbágy, J. 2015. *Zavlažovanie poľných plodín, zeleniny a ovocných sádov*. Bratislava: Veda. 640 s. ISBN 978-80-224-1429-6.
- Rockström, J. et al. 2009. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, roč. 14, č. 2, 32 s.
- Rydén, L. 2019. Development of high mountain regions - why sustainable? In *Sustainable water resources management in high mountains in the Baltic Sea Region*. Ed. Pociask-Karteczka. Krakow : Jagiellonian University, 2019, 80 s. ISBN 978-83-64089-51-0
- Schneider, R.L. 2010. Integrated, watershed-based management for sustainable water resources. *Front. Earth Sci. China*, vol. 4, no. 1, s. 117-125
- Slovenský vodohospodársky podnik, š. p. 2020. Charakteristika povodní. Dostupné na internete: <https://www.svp.sk/sk/uvodna-stranka/povodne/charakteristika-povodni/>
- Smernica 2000/60/ES Európskeho parlamentu a Rady z 23. októbra 2000, ktorou sa stanovuje rámec pôsobnosti pre opatrenia spoločenstva v oblasti vodného hospodárstva
- Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2006/118/ES z 12. decembra 2006 o ochrane podzemných vôd pred znečistením a zhoršením kvality

STN 73 6823 Úpravy vodných tokov s malým povodím.

STN 73 6824 Malé vodné nádrže.

STN 75 2101 Ekologizácia úprav vodných tokov.

STN 75 2102 Úpravy riek a potokov.

Šálek, J., Kujal, B. 2016. Hospodaření se srážkovými vodami v extravilánu s využitím malých vodních nádrží. In Vodohospodářské stavby. Stavební kniha 2016. Praha: Informační centrum ČKAIT. s. 60-79. ISBN 978-80-87438-75-6

Šinka, Z., Pecháčová, K., Halaj, P. 2012. Analýza environmentálnych faktorov ovplyvňujúcich návrh koryta vodného toku. In Krajinné inžinierstvo-trendy a perspektívy. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita. (2012), ISBN 978-80-552-0961-6. URL: <http://www.slpk.sk/eldo/2013/zborniky/018-13/sinka.pdf>.

Tresová, A. Rybníky a účelové nádrže. Bratislava: Slovenská vysoká škola technická v Bratislave, 197 s.

Uznesenie vlády Slovenskej republiky č. 556 z 27. augusta 2010 k návrhu princípov, zásad a rámcových podmienok pre zabezpečenie prevencie pred povodňami, znižovanie povodňových rizík, rizík sucha, ostatných rizík náhlych prírodných živelných pohrôm a integrovaného manažmentu povodí

Vyhláška č. 242/2016 Z. z. Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o vymedzení správneho územia povodia, environmentálnych cieľoch, ekonomickej analýze a o vodnom plánovaní

Vyhláška č. 418/2010 Z. z. Ministerstva pôdohospodárstva, životného prostredia a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky o vykonaní niektorých ustanovení vodného zákona

Walsh, B. 2013. The Triple Whopper Environmental Impact of Global Meat Production. Time. Dostupné online: <https://science.time.com/2013/12/16/the-triple-whopper-environmental-impact-of-global-meat-production/>..

Wilkens A., Dreiseitl H., Greene J., Jacobi M., Liess C., Schwenk W. 2017. Voda v pohybu - úžas v nás. Pozorování a pokusy. Praha : Malvern. 208 s. ISBN 978-80-7530-069-0.

WMO. 2006. Drought monitoring and early warning: concepts, progress and future challenges [online]. World Meteorological Organization. Dostupné na internete: <http://www.wmo.int/pages/publications/showcase/documents/1006_E.pdf>. 2006, 26 s. ISBN 92-63-11006-9.

Zajíc, K. Vodohospodárske stavby. Nitra : Vysoká škola poľnohospodárska v Nitre, 1979. 229 s.

Zákon č. 17/1992 Zb. o životnom prostredí

Zákon č. 364/2004 Z. z. o vodách a o zmene zákona Slovenskej národnej rady č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon)

Zákon č. 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami

Autori:

Tatiana Kaletová – Ľuboš Jurík – Peter Halaj

Názov:

VODA V POĽNOHOSPODÁRSKEJ KRAJINE

Vydavateľ: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Vydanie: prvé

Forma vydania: online

Rok vydania: 2022

AH – VH: 11,25 – 11,47

Neprešlo redakčnou úpravou vo Vydavateľstve SPU.

ISBN 978-80-552-2467-1