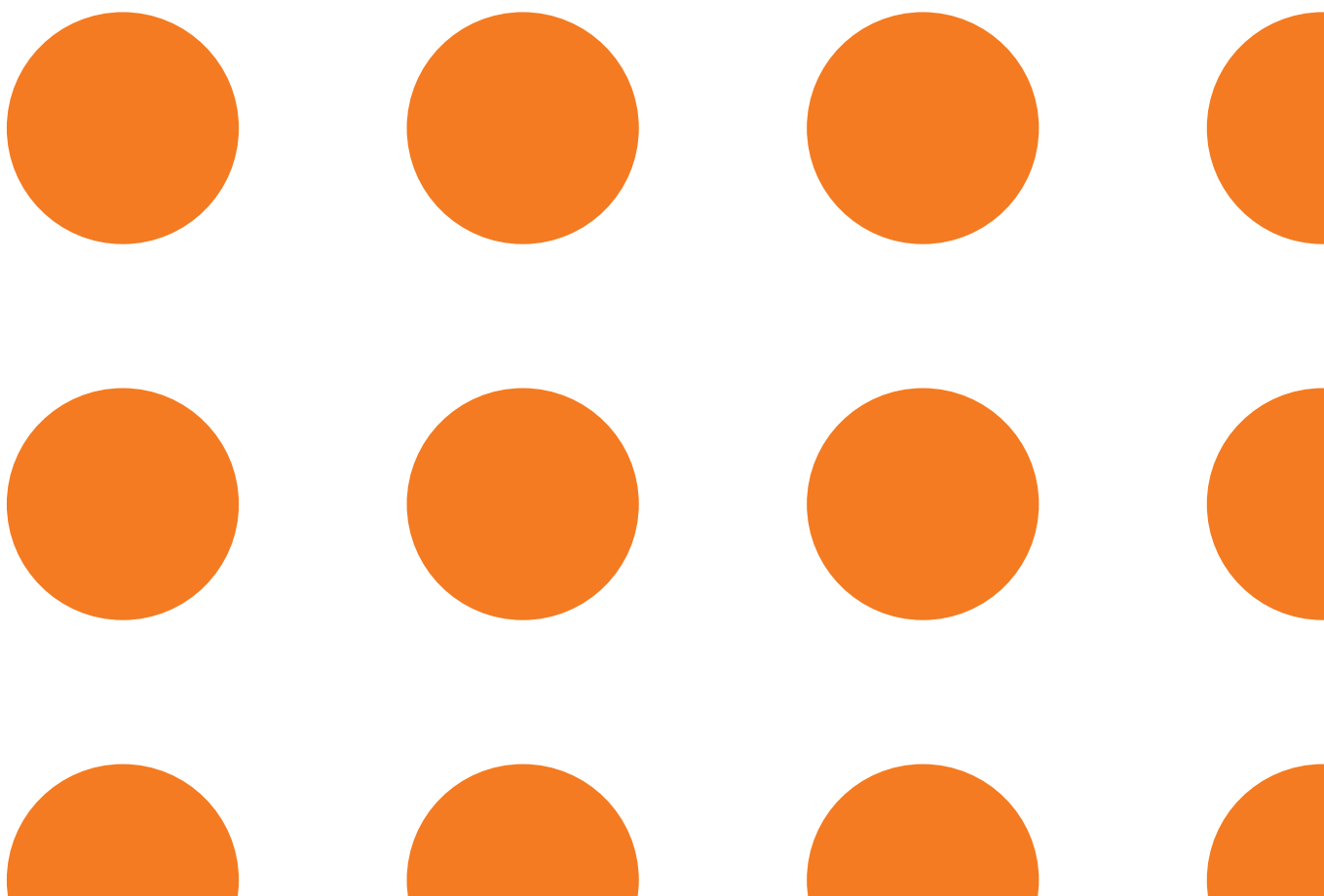


EDÍCIA SKRÍPT

PETER ŠULEK, MICHAELA ČERVEŇANSKÁ

STAVBY NA OCHRANU A VYUŽITIE KRAJINY



PETER ŠULEK, MICHAELA ČERVEŇANSKÁ

STAVBY NA OCHRANU A VYUŽITIE KRAJINY

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
2025

Ambíciou autorov nebolo v schémach uvedených v nasledovnom texte zobrazovať detailné konštrukčné riešenia, ale zamerať sa najmä na ilustráciu základných princípov riešení.

Dielo je vydané pod medzinárodnou licenciou Creative Commons CC BY 4.0, ktorá povoľuje použitie, zdieľanie, prispôsobovanie, šírenie a reprodukovanie na ľubovoľnom médiu alebo v ľubovoľnom formáte, ak je uvedený pôvodný autor, zdroj a odkaz na Creative Commons licenciu, a ak sú vyznačené prípadné zmeny vykonané v diele. Viac informácií o licencií a použití diela na adrese:

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



doc. Ing. Peter Šulek, PhD., Ing. Michaela Červeňanská, PhD.

Recenzenti: Ing. Daniel Buček, PhD.
Ing. Adam Janík, PhD.

Schválila Edičná rada Stavebnej fakulty STU v Bratislave.

ISBN 978-80-227-5543-6

Obsah

1	Úvod	5
1.1	Ciele.....	5
1.2	Požadované znalosti	6
1.3	Kľúčové slová....	6
2	Vodné nádrže	7
2.1	Vodné nádrže vo svete	11
2.2	Vodné nádrže na Slovensku.....	15
2.3	Rozdelenie vodných nádrží.....	17
2.4	Hlavné parametre vodnej nádrže	20
2.5	Základné funkcie a význam vodných nádrží	21
2.5.1	Zásobná funkcia nádrže	22
2.5.2	Ochranná funkcia nádrže.....	23
2.6	Základná rovnica nádrže	23
2.7	Podklady na vodohospodárske riešenie nádrží	24
2.7.1	Hydrologické údaje	24
2.7.2	Požiadavky na zásobnú funkciu nádrže	25
2.7.3	Požiadavky na ochrannú funkciu nádrže.....	25
2.8	Riešenie zásobnej funkcie nádrže.....	26
2.8.1	Nádrže s denným regulovaním.....	27
2.8.1.1	Vyrovňavacie nádrže pod špičkovými vodnými elektrárnami	27
2.8.1.2	Nádrže prihaťových VE s dennou reguláciou	30
2.8.1.3	Nádrže derivačných VE s dennou reguláciou.....	33
2.8.1.4	Horné a dolné nádrže prečerpávacích vodných elektrární s dennou reguláciou	34
2.8.2	Nádrže s týždenným regulovaním.....	37
2.8.3	Nádrže s dlhodobým regulovaním	39
2.9	Riešenie ochrannej funkcie nádrže	45
2.9.1	Retenčný objem nádrže.....	48
3	Suché nádrže (poldre).....	54
3.1	Rozdelenie poldrov	55
3.1.1	Pretekané poldre	55
3.1.2	Nepretekané (bočné) poldre.....	58
3.2	Vodohospodárske riešenie poldrov.....	59
3.3	Stavebné objekty poldrov.....	60
3.3.1	Dnový výpusť	60

3.3.2	Bezpečnostný prípad	62
3.3.3	Hrádza	65
4	Hate	66
4.1	Rozdiel medzi haťou a priehradou	67
4.2	Účel hate	69
4.3	Rozdelenie hatí	72
4.4	Účinky (vplyv) hate na vodný tok a okolie	74
4.5	Koncepčné a dispozičné riešenie hatí	78
4.6	Pevné hate	80
4.6.1	Drevené hate	82
4.6.2	Kamenné a murované hate	83
4.6.3	Betónové hate	83
4.7	Pohyblivé hradiace uzávery	87
4.7.1	Stavidlové uzávery	87
4.7.1.1	Tabuľové (doskové) stavidlá	87
4.7.1.2	Zdvižné stavidlá	89
4.7.2	Klapkové uzávery	89
4.7.3	Segmentové uzávery	91
4.7.4	Vakové uzávery	91
4.8	Konštrukcia hate	93
4.8.1	Spodná stavba hate, vývar	93
4.8.1.1	Horný obrys spodnej stavby hate	93
4.8.1.2	Dolný obrys spodnej stavby hate	95
4.8.2	Opevnenia dna a brehov za podhatím (vývarom)	95
4.8.3	Opevnenia dna a brehov pred haťou	98
5	Vodné elektrárne	100
5.1	Význam vodných elektrární	103
5.2	Koncepčné riešenie vodných elektrární	105
5.3	Stavebné riešenie vodnej elektrárne	112
5.3.1	Vtok VE	112
5.3.2	Strojovňa VE	112
5.3.3	Výtok VE	113
6	Použitá literatúra a zdroje	115



1 Úvod

1.1 Ciele

Téma stavieb na ochranu a využitie krajiny sa týka rôznych technických opatrení, ktoré majú za cieľ **chrániť krajinu pred negatívnymi vplyvmi** (napr. erózia, povodne, zosuvy pôdy), a tiež **zabezpečiť jej udržateľné využívanie** pre potreby obyvateľstva, poľnohospodárstva, lesného hospodárstva, vodného hospodárstva či rekreácie.

Stavby na ochranu krajiny majú za cieľ predchádzať poškodeniu krajiny alebo eliminovať negatívne dôsledky ľudskej činnosti a prírodných procesov. V súvislosti s vodohospodárskymi opatreniami je možné medzi tieto stavby zaradiť napr.: protipovodňové hrádze, vodné nádrže, suché nádrže (poldre), hate, priehrady, zberné kanály, drenážne potrubia alebo stavebnú činnosť súvisiacu s úpravami tokov.

Stavby na využitie krajiny napomáhajú využívať udržateľným spôsobom prírodné zdroje krajiny. Za takéto stavby je možné považovať napr. vodné elektrárne, zásobné nádrže, ale aj rekreačné a krajinno-estetické prvky súvisiace s umelou koncentráciou vody v krajine.

Stavby na ochranu a využitie krajiny sú budované najmä v súvislosti s extrémnymi hydrologickými situáciami. Umožňujú chrániť krajinu počas **povodní** a/alebo využívať „produkt“ prírody (t. j. zadržanú vodu v čase jej dostatku) počas **sucha**.

Na ochranu pred povodňami je možné v zmysle princípu „**drž povodeň od ľudí**“ použiť tzv. **technické opatrenia**, ako je napr. retencia vody, zvýšenie kapacity korýt, ochranné hrádze, regulácia lesného hospodárstva a poľnohospodárskej činnosti, alebo v zmysle zásady „**drž ľudí od povodne**“ využiť tzv. **netechnické opatrenia**, ako je definovanie záplavových zón a legislatívne obmedzenie výstavby, predpovedné a varovné systémy, a v neposlednom rade výchova verejnosti.

Na zadržanie vody v krajine je možné využiť prostriedky „sivej“ a/alebo „zelenej“ infraštruktúry. **Sivá infraštruktúra** predstavuje najmä priehrady/hate, resp. iné vzdúvacie objekty postavené s cieľom vytvoriť retenčný priestor vodnej nádrže, resp. suchý polder. Ich výhodou je veľká retenčná schopnosť s následnou možnosťou využívania zadržanej vody pre rôzne účely. Nevýhodou je jednostranné zaťaženie územia spôsobené centralizáciou stavieb v krajine. **Zelená infraštruktúra** predstavuje najmä vsakovacie nádrže, zadržiavanie dažďovej vody, zelené strechy a pod. Výhodou je vzhľadom na decentralizáciu opatrení nižšie environmentálne zaťaženie. Nevýhodou je najmä nízka retenčná kapacita, obmedzená možnosť využívania zadržanej vody, príp. zosuvy svahov spôsobené nekontrolovaným „pohybom“ vody v krajine.

Učebný text „*Stavby na ochranu a využitie krajiny*“, ktorý máte pred sebou, je primárne určený pre študentov Stavebnej fakulty STU v Bratislave, odbor Krajinárstvo a krajinné plánovanie na bakalárskom, resp. na inžinierskom stupni štúdia. Je však vhodný aj pre študentov iných odborov – napr. Vodné stavby a vodné hospodárstvo, Inžinierske konštrukcie a dopravné stavby, Geodézia a kartografia.

Cieľom učebného textu je podať zrozumiteľnou a zároveň stručnou a prehľadnou formou informácie o typoch, funkciách a význame vodohospodárskych stavieb, ktoré slúžia na ochranu krajiny pred nepriaznivými vplyvmi, a/alebo umožňujú jej efektívne a udržateľné

využitie. Problematika týchto stavieb je však natoľko široká, že v rámci rozsahu týchto skrípt sa nie je možné venovať všetkým stavbám a stavebným činnostiam slúžiacim na ochranu a využívanie krajiny. Vzhľadom k odbornej profilácii autorov na oblasť hydrotechnických stavieb, sa skriptá zameriavajú iba na vybrané vodohospodárske stavby. Obsah je rozdelený tematicky do štyroch častí: vodné nádrže (Kap. 2), suché nádrže (Kap. 3), hate (Kap. 4) a vodné elektrárne (Kap. 5).



1.2 Požadované znalosti

Medzi požadované znalosti patria najmä základy fyziky, matematiky, hydrauliky, hydrológie, geológie a mechaniky zemín.



1.3 Kľúčové slová

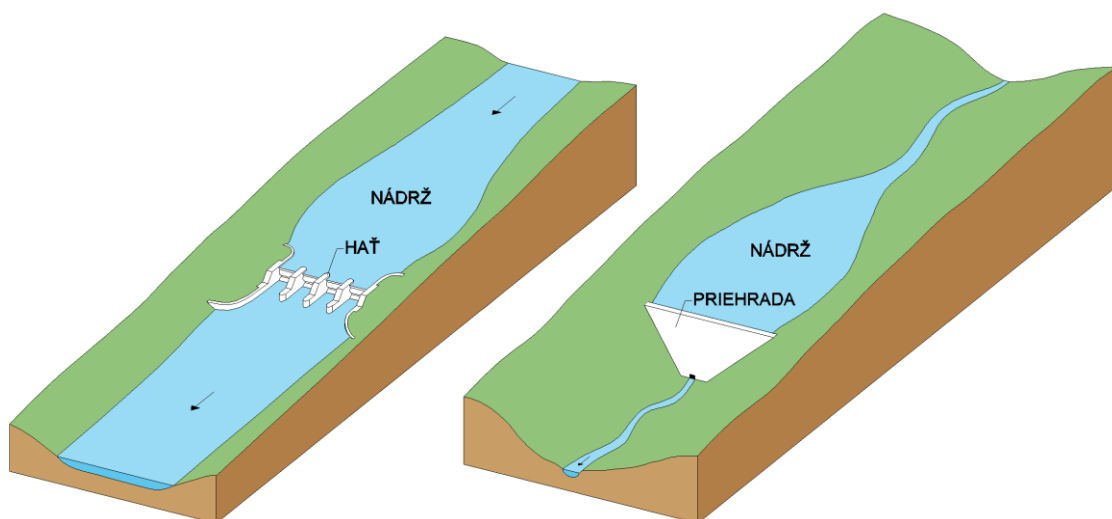
vodné nádrže, suché poldre, hate, vodné elektrárne



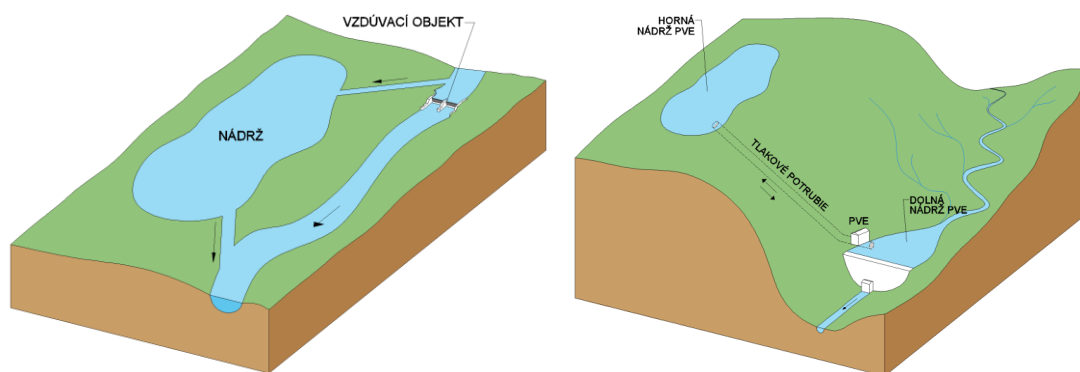
2 Vodné nádrže

Vodnú nádrž je možné definovať ako priestor na hromadenie vody s cieľom jej neskoršieho využitia.

Jednou z typických vodohospodárskych stavieb v krajine slúžiacich na ochranu a/alebo využitie krajiny je vodná nádrž. **Vodnú nádrž je možné definovať ako priestor na hromadenie vody s cieľom jej neskoršieho využitia.** Vodnú nádrž je možné vytvoriť prehradením údolia priehradou, resp. haťou (údolná nádrž) – pozri Obr. 2.1. Rozdiel medzi haťou a priehradou je bližšie popísaný v Kap. 4.1. Vodnú nádrž je možné vytvoriť aj využitím prirodzenej alebo umelej priehlbne na povrchu územia (bočná nádrž). Príkladom bočnej nádrže je napr. horná nádrž prečerpávacej vodnej elektrárne (Obr. 2.2).



Obr. 2.1 Príklady údolných vodných nádrží vytvorených prehradením údolia haťou/priehradou

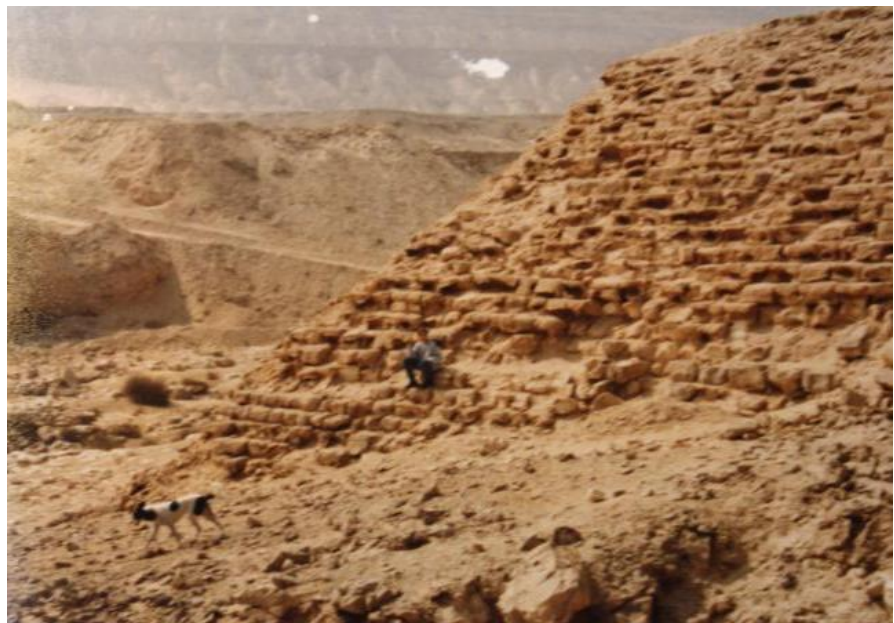


Obr. 2.2 Príklady bočných nádrží vytvorených využitím prirodzenej alebo umelej priehlbne na povrchu územia

Najstaršia historicky známa priehrada z kameňa s názvom Sadd el-Kafara (Priehrada pohanov) bola postavená okolo r. 3000 pred n. l. v Egypte na rieke Níl asi 30 km južne od Káhiry kvôli zavlažovaniu pozemkov a patrí pravdepodobne medzi najstaršie „veľké“ vzdúvacie stavby na svete.

Na území Slovenska bola najväčšia výstavba vodných nádrží sústredená v období 16. a 18. storočia v Banskej Štiavnici (banskoštiavnické tajchy).

Najstaršie civilizácie (Egyptská ríša, Mezopotámia, Starobabylonská ríša, Indická ríša, Čínska ríša atď.) vznikli pri riekach, ktoré využívali na lov rýb, plavbu, odber vody pre zásobovanie obyvateľstva a na zavlažovanie pozemkov. Primitívnymi čerpadlami však bolo možné získať iba malé množstvá vody, a to len v čase dostatočných prietokov. Pre zabezpečenie požadovaných množstiev odberu, aj v čase suchých období, bolo nutné toky prehradiť a vytvoriť tak vodné nádrže. Najstaršia historicky známa priehrada vybudovaná z kameňa s názvom *Sadd el-Kafara* (Priehrada pohanov) bola postavená okolo r. 3000 pred n. l. v Egypte na rieke Níl asi 30 km južne od Káhiry kvôli zavlažovaniu pozemkov a patrí pravdepodobne medzi najstaršie priehrady na svete (Obr. 2.3). V Egypte bola okolo roku r. 2900 pred n. l. vybudovaná kvôli zavlažovaniu aj nádrž *Moeris* (Meridové jazero) s objemom 12 mld. m³ ako bočná nádrž pozdĺž Nílu. Starú tradíciu má výstavba nádrží v Indii, kde len v okolí Madrasu ich bolo postavených viac ako 50 000. O podobných stavbách vybudovaných v Mezopotámii, Indii a v Číne sú zmienky z dôb okolo r. 1000 pred n. l.



Obr. 2.3 Najstaršia známa priehrada Sadd el-Kafara v Egypte (Zdroj: wikimapia.org)

Na území bývalého Česko-Slovenska sa začali budovať prvé nádrže v 13. storočí v súvislosti s rozvojom rybného hospodárstva. Najrozsiahlejšie sú do dnešnej doby zachované *Třebonské rybníky*. Na území Slovenska bola najväčšia výstavba vodných nádrží sústredená v Banskej Štiavnici a v jej okolí, a to v súvislosti s ťažbou zlata a striebra v tejto lokalite. Výstavba štiavnickej sústavy vodných nádrží prebiehala v 16. až 18. storočí a do 20. storočia to bola najväčšia sústava vodných nádrží na svete. Projektantom bol *Samuel Mikovíny* (1700 – 1750), profesor na Banskej akadémii v Banskej Štiavnici. Originálnosť systému cca 50 (24 zachovaných) vodných nádrží (tajchov) spočíva okrem zachytenia vody z cudzích povodí aj vo viacnásobnom využívaní vody akumulovanej v horných nádržiach vďaka prepojeniu viacerých nádrží 170 km systémom spojovacích jarkov, štôlní a šacht. Na tú dobu odvážna konštrukcia priehrad dodnes vzbudzuje rešpekt. Priehrada *Rozgrund* postavená v roku 1744 (s výškou 30,2 m) patrila do polovice 60. rokov 20. storočia k najvyšším zemným priehradám na Slovensku (Obr. 2.4). Objem tajchu je 0,57 mil. m³.

*Najstarším tajchom
banskoštiavnickej
sústavy je tajch Veľká
Vodárenská.*



Obr. 2.4 Tajch Rozgrund, Banská Štiavnica, SR (Zdroj: najkrajssikraj.sk, ©Elel)

Najstarším tajchom banskoštiavnickej sústavy je tajch *Veľká Vodárenská* (Obr. 2.5). Prvá písomná zmienka pochádza už z roku **1510**. V minulosti nádrž slúžila na poháňanie banských strojov štôľne *Schmidtenrinn* a tiež ako požiarna nádrž.



Obr. 2.5 Tajch Veľká Vodárenská, Banská Štiavnica, SR (Zdroj: turisticky.sk, ©Shutterstock)

**Najvyššie položeným
banskoštiavnickým
tajchom je tajch
Ottergrund.**

**Prvou murovanou
gravitačnou
priehradou na
Slovensku bola
priehrada Korytnica
postavená v roku
1882 na potoku
Korytnica.**

Najvyššie položeným banskoštiavnickým tajchom je tajch *Ottergrund* (Obr. 2.6), ktorý je zároveň aj najvyššie položenou vodnou nádržou v Štiavnických vrchoch. Postavený bol v roku 1746 a jeho objem je 5,8 tis. m³. Voda z tajchu bola vypúšťaná do jarku vedúceho od tajchu Červená studňa a dala sa prepustiť do tajchu *Klinger*, alebo použiť v šachtách *Widen* a *Amália*.



Obr. 2.6 Tajch Ottergrund, Banská Štiavnica, SR (Zdroj: www.najmiesta.sk)

V 19. storočí sa budovali vodné nádrže slúžiace na splavovanie dreva, tzv. *klauzúry*. Priehrada Korytnica s výškou 10 m, postavená v roku 1882 na potoku Korytnica, bola prvou murovanou gravitačnou priehradou na Slovensku (Obr. 2.6).



Obr. 2.7 Torzo priehrady Korytnica na potoku Korytnica, Dolný Liptov, SR
(Zdroj: mapy.com, ©Gustáv Varga)



Najväčší rozmach výstavby vodných nádrží vo svete bol zaznamenaný najmä v 2. polovici 20. storočia.

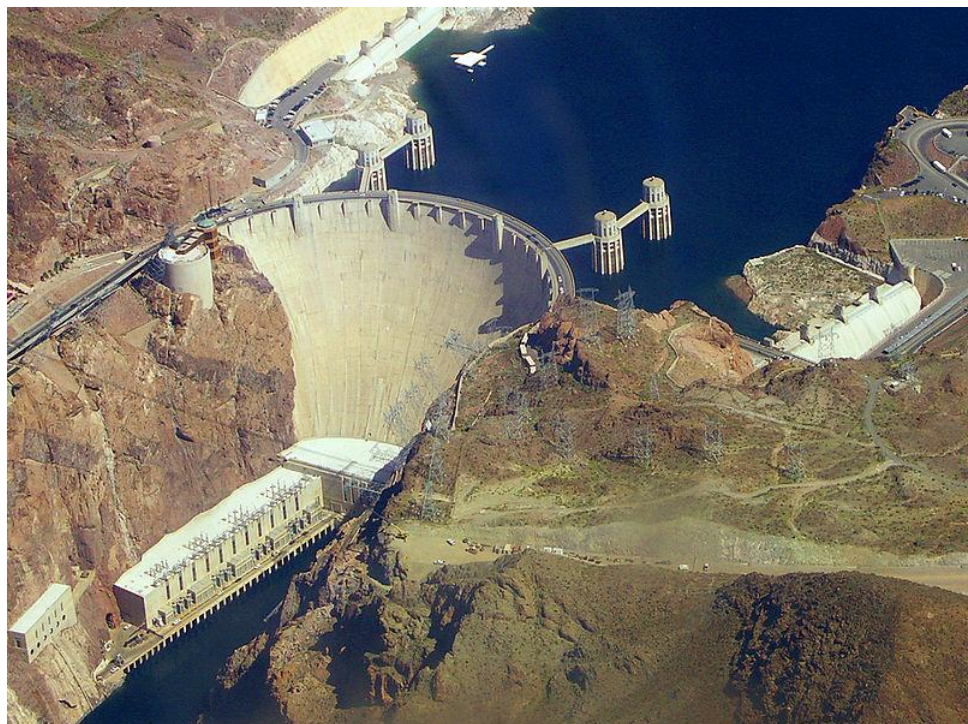
2.1 Vodné nádrže vo svete

Najväčší rozmach výstavby vodných nádrží vo svete bol zaznamenaný najmä v 2. polovici 20. storočia, a to čo do počtu, ako aj do veľkosti nádržných priestorov. V 21. storočí bola výstavba „veľkých“ vodných nádrží realizovaná najmä v Číne. Príčinou je najmä vzrastajúca potreba elektrickej energie súvisiaca s extrémnym ekonomickým rastom tejto krajiny.

Najväčšou nádržou na svete do 2. svetovej vojny bola nádrž **Mead** (Obr. 2.8), ktorá vznikla prehradením rieky Colorado na hranici štátov Arizona a Nevada v USA *Hooverovou priehradou* (Obr. 2.9). Vytvorená nádrž má objem 38,3 mld. m³ a bola dokončená v roku 1936.



Obr. 2.8 Nádrž Lake Mead, USA (Zdroj: Google Maps)



Obr. 2.9 Hooverova priehrada s výškou 221 m, USA (Zdroj: Wikipedia, ©Licko)

Za najväčšiu umelú nádrž na svete sa považuje nádrž Kariba v južnej Afrike.

Veľkosť nádrže Mead však bola po 2. svetovej vojne niekoľkokrát prekonaná. Za najväčšiu umelú nádrž na svete sa v súčasnosti považuje nádrž **Kariba** (Obr. 2.10)., ktorá vznikla prehradením rieky Zambezi na hranici štátov Zambia a Zimbabwe v južnej Afrike (Obr. 2.11). Vytvorená nádrž má objem 180 mld. m³ a bola dokončená v roku 1959.



Obr. 2.10 Nádrž Lake Kariba, Zambia-Zimbabwe (Zdroj: Google Maps)

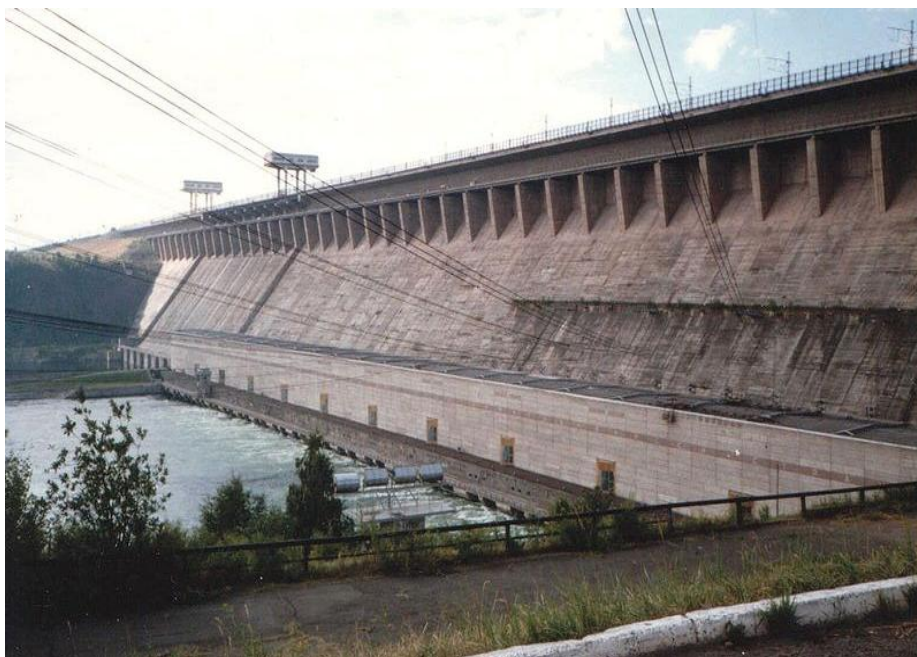


Obr. 2.11 Priehrada Kariba s výškou 128 m, Zambia-Zimbabwe (Zdroj: alanmathers.com. ©Alan Mather)

Druhou najväčšou umelou nádržou na svete je nádrž **Bratsk** (Obr. 2.12), ktorá vznikla prehradením rieky Angara v Irkutskej oblasti v Rusku (Obr. 2.13). Vytvorená nádrž má objem 169 mld. m³ a bola dokončená v roku 1964. Vody rieky Angary sú dotované vodami Bajkalského jazera (t. j. najväčšieho sladkovodného jazera na svete).



Obr. 2.12 Nádrž Bratsk, Rusko (Zdroj: Google Maps)



Obr. 2.13 Priehrada Bratsk s výškou 124.5 m, Rusko (Zdroj: Wikipedia. ©Dr. Meierhofer)

Tretou najväčšou umelou vodnou nádržou na svete je nádrž **Nasser** (Obr. 2.14), ktorá vznikla prehradením rieky Níl v Egypte *Asuánskou priehradou* (Obr. 2.15), pričom jej vzdutie zasahuje až na územie Sudánu. Vytvorená nádrž má objem 160 mld. m³ a bola dokončená v roku 1970.



Obr. 2.14 Nádrž Nasser, Egypt (Zdroj: Google Maps)



Obr. 2.15 Asuánska priehrada s výškou 111 m, Egypt (Zdroj: Wikipedia, ©Hajor)



Najväčšou vodnou nádržou na Slovensku z hľadiska veľkosti objemu akumulovanej vody je nádrž Liptovská Mara.

2.2 Vodné nádrže na Slovensku

Najväčší rozmach výstavby vodných nádrží na Slovensku nastal po skončení 2. svetovej vojny v súvislosti s rastúcimi nárokmi na vodu ako zdroj energie, resp. na pitné a úžitkové účely.

Najväčšou vodnou nádržou z hľadiska veľkosti objemu akumulovanej vody je nádrž **Liptovská Mara** (Obr. 2.16) s celkovým objemom 360,5 mil. m³, ktorá vznikla prehradením rieky Váh (Obr. 2.17) a bola dokončená v roku 1975. Liptovská Mara vznikla s cieľom ochrániť Liptovskú kotlinu pred záplavami. Ničivé povodne prišli v rokoch 1683 a 1713 a o sto rokov neskôr zahynulo pri záplavách až tristo ľudí.



Obr. 2.16 Vodná nádrž Liptovská Mara na rieke Váh, SR (Zdroj: Wikipedia, ©Hajor)



Obr. 2.17 Priehrada Liptovská Mara s výškou 43,0 m (Zdroj: seas.sk)

Najväčšou vodnou nádržou z hľadiska veľkosti zatopenej plochy (Obr. 2.23) je nádrž **Orava** (Obr. 2.18) známa aj pod názvom Oravská priehrada s celkovým objemom 350,2 mil. m³, ktorá vznikla prehradením rieky Biela Orava (Obr. 2.19) a bola dokončená v roku 1954. Veľkosť zatopenej plochy je približne 35,2 km².



Obr. 2.18 Vodná nádrž Orava na rieke Biela Orava, SR
(Zdroj: ustie-nad-oravou.webnode.sk, ©Pavel Bednarčík)



Obr. 2.19 Oravská priehrada s výškou 38.0 m (Zdroj: Wikipedia, ©Cn)

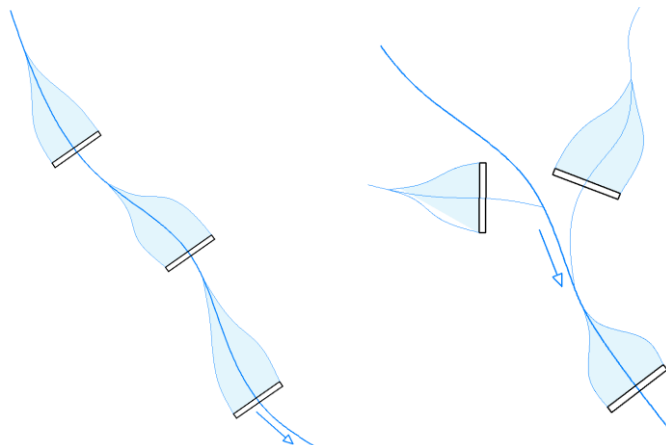


2.3 Rozdelenie vodných nádrží

Vodné nádrže je možné rozdeliť na základe viacerých kritérií.

Podľa spôsobu vzniku ich delíme na:

- **prírodné:** vzniknuté v prírode (bez zásahu človeka), pôvodu tektonického, vulkanického, ľadovcového, krasového a pod, a to:
 - **na povrchu** (jazero),
 - **pod povrchom** (dutina, krasový útvar).
- **umelé:** vytvorené zásahom človeka do prirodzených pomerov v krajine. Umelá vodné nádrže môžu byť:
 - **pretekané**, vybudované priamo na toku ako tzv. *údolné nádrže* – Obr. 2.1. Viacero údolných nádrží môže vytvárať:
 - **kaskádu nádrží** – t. j. systém nádrží na jednom toku,
 - **sústavu nádrží** – t. j. systém nádrží na hlavnom toku a prítokoch.
 - **nepretekané**, vybudované ohrádzovaním územia alebo vyhlbením zásobného priestoru mimo toku ako tzv. *bočné nádrže* – Obr. 2.2.



Obr. 2.20 Kaskáda a sústava údolných nádrží

Podľa účelu vodné nádrže delíme na:

- **zásobné:** zadržiavajúce vodu pri zvýšených prietokoch s cieľom využiť ju v čase nízkych prietokov, a to pre:
 - **obyvateľstvo** (vodárenské nádrže),
 - **priemysel** (priemyselné nádrže),
 - **poľnohospodárstvo** (závlahové nádrže),
 - **využitie vodnej energie**,
 - **plavbu**.
- **ochranné (retenčné):** slúžiace na zachytenie povodňových prietokov, aby sa zabezpečila ochrana krajiny pod nádržou.

- **vytvárajúce prostredie** pre:
 - šport,
 - chov rýb (rybochovné nádrže),
 - rekreáciu (rekreačné nádrže),
 - pestovanie rastlín,
 - resp. okrasné nádrže
- **upravujúce vlastnosti vody:**
 - **usadzovacie** – slúžia na usadzovanie pevných látok obsiahnutých vo vode,
 - **ochladzovacie** – slúžia na ochladzovanie priemyselne využitej vody pre neškodné vypúšťanie do toku.
- **zachytávajúce splaveniny a odpady:** napr. odkaliská.

Podľa počtu plnených **účelov** ich delíme na:

- **jednouúčelové:** plnia iba jeden z vyššie uvedených účelov, napr. poldre (suché nádrže) – pozri Kap. 3.
- **viacúčelové:** plnia viac funkcií naraz. Väčšinou zásobnú aj ochrannú a súčasne vytvárajú prostredie pre rekreáciu a šport.

Podľa **doby trvania cyklu regulovania** ich delíme na nádrže:

- **s cyklom:**
 - **viacročným** – cyklus riadenia presahuje rok,
 - **ročným** – cyklus riadenia prebehne v rámci vodohospodárskeho roku,
 - **týždenným** – cyklus riadenia prebehne v rámci týždňa,
 - **denným** – cyklus riadenia trvá 24 hodín.
- **bez pravidelného cyklu:**
 - **na príležitostný odber** – napr. požiarne nádrže,
 - **kompensačné** – budujú sa tam, kde nie je možné postaviť nádrž priamo v mieste odberu – Obr. 2.21. Odtok z nej je regulovaný podľa toho, aký je prirodzený odtok z medzipovodia medzi kompenzačnou nádržou a miestom odberu.



Obr. 2.21 Kompenzačná nádrž



Kontrolné otázky

Ako definujeme vodnú nádrž?

Aká je najstaršia historicky známa priehrada z kameňa?

Kde a z akého dôvodu bola v minulosti na Slovensku sústredená najväčšia výstavba vodných nádrží?

Aká je najväčšia vodná nádrž na svete z hľadiska veľkosti objemu?

Aká je najväčšia vodná nádrž na Slovensku z hľadiska veľkosti objemu?

Ako a podľa akých kritérií sa rozdeľujú vodné nádrže?



2.4 Hlavné parametre vodnej nádrže

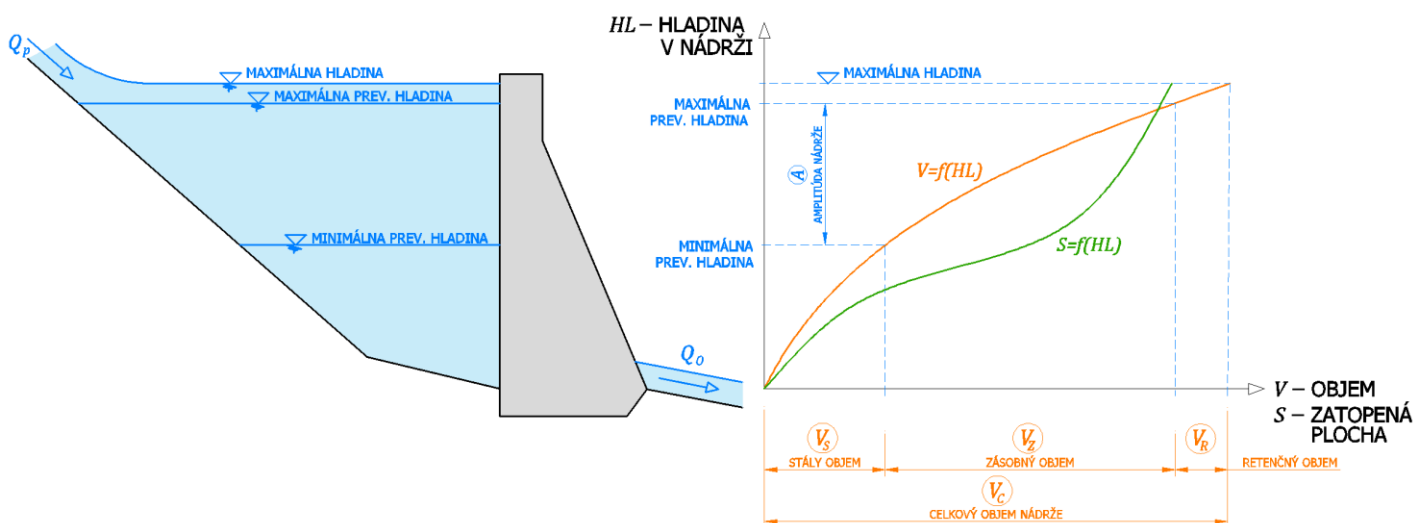
Medzi základné parametre nádrže patrí:

Medzi základné parametre nádrže patrí objem, zatopená plocha a amplitúda kolísania hladiny.

- objem
- zatopená plocha
- amplitúda kolísania hladiny

Objem nádrže je definovaný tzv. **krivkou objemov** (Obr. 2.22 – oranžová čiara), ktorá predstavuje vzťah medzi objemom vody a polohou hladiny v nádrži $V = f(HL)$. Celkový objem nádrže V_C je pri údolných nádržiach vymedzený dnom a bokmi údolia nádrže a telesom priehrady/hate a maximálnou hladinou v nádrži. Delí sa na:

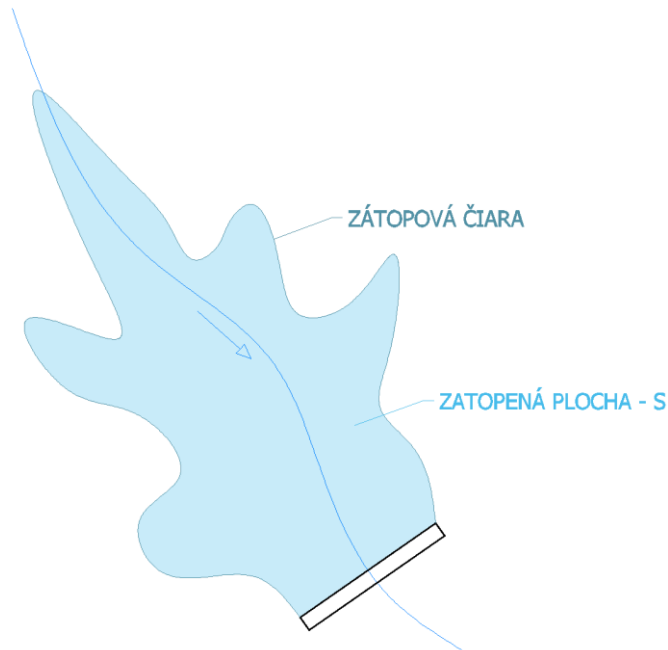
- **stály objem** - V_S , ktorý siaha od dna po minimálnu prevádzkovú hladinu. Tento objem sa vodohospodársky priamo nevyužíva. Pri stanovení jeho veľkosti je rozhodujúca skôr úroveň minimálnej hladiny ako jeho objem. V prípade vodárenských nádrží musí byť zabezpečená dostatočná hĺbka stáleho priestoru, aby aj pri minimálnej prevádzkovej hladine v nádrži bol zabezpečený odber kvalitnej vody. V prípade energeticky využívaných nádrží sa dostatočne vysokou polohou minimálnej prevádzkovej hladiny zabezpečujú požiadavky na zaručené minimálne spády na vodnej elektrárni. Dostatočne vysokou polohou minimálnej prevádzkovej hladiny sa zabezpečuje aj gravitačný odber vody z nádrže (do úpravne vody, alebo na závlahy). Na veľkosť stáleho objemu môže mať vplyv aj proces zanášania,
- **zásobný (akumulačný) objem** – V_Z , ktorý siaha od minimálnej prevádzkovej po maximálnu prevádzkovú hladinu a slúži na nadlepšovanie prietokov v období nedostatku vody,
- **retenčný (ochranný) objem** – V_R , ktorý siaha od maximálnej prevádzkovej hladiny po maximálnu hladinu v nádrži a slúži na zachytenie povodňových vĺn a znižovanie povodňových prietokov pod nádržou.



Obr. 2.22 Krivka objemov nádrže

Zelenou čiarou je na Obr. 2.22 zobrazená tzv. **krivka zatopených plôch**. Tá predstavuje vzťah medzi veľkosťou zatopenej plochy a polohou hladiny v nádrži $S = f(HL)$. Priesečník hladiny vody v nádrži s terénom predstavuje tzv. **zátopovú čiaru** (Obr. 2.23). Väčšinou sa vzťahuje k maximálnej, resp. maximálnej prevádzkovej hladine v nádrži.

Amplitúda kolísania hladiny – A v nádrži je rozdiel medzi minimálnou a maximálnou prevádzkovou hladinou.



Obr. 2.23 Zatopená plocha, zátopová čiara vodnej nádrže

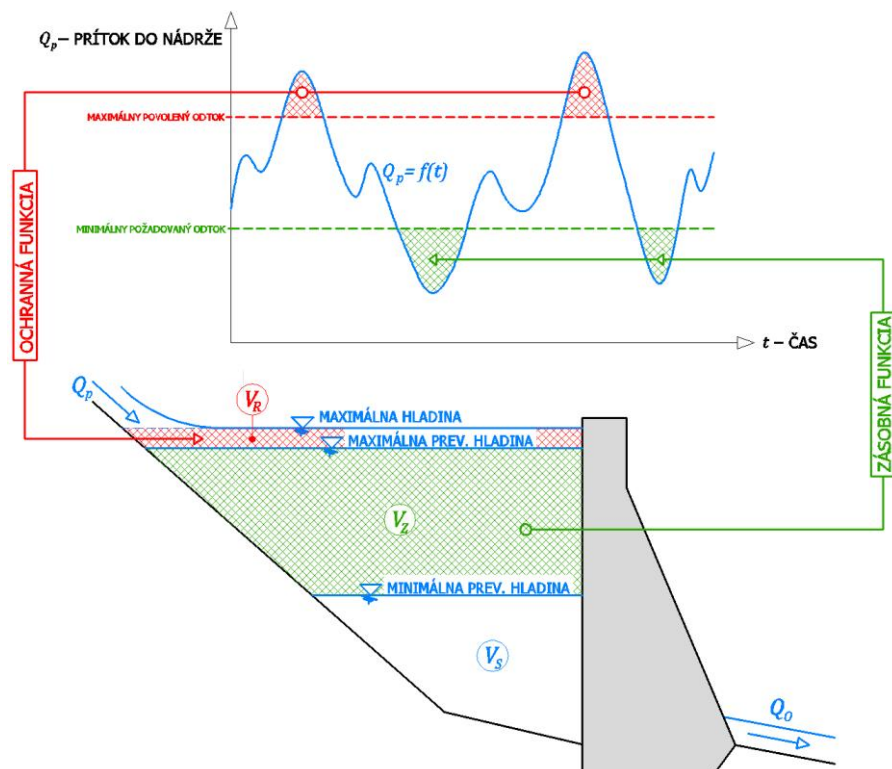


2.5 Základné funkcie a význam vodných nádrží

Vzhľadom na to, že voda v krajine je v čase a priestore rozdelená nerovnomerne, vodná nádrž slúži najmä na úpravu odtokových pomerov v krajine. Vďaka zadržanému objemu vody v nádrži je možné prirodzený prítok pritekajúci do nádrže prerozdeliť v čase a prispôbiť tak odtok z nádrže okamžitým potrebám. **Nádrže tak pomáhajú človeku oslobodiť sa od priamej závislosti na prirodzenom hydrologickom režime toku a meniť jeho nepriaznivé dôsledky v svoj prospech.**

Vodné nádrže plnia vo všeobecnosti dve základné funkcie (Obr. 2.24), a to:

- **zásobnú funkciu: nadlepšovanie prietokov** v suchom (málo vodnom) období (z nádrže sa vypúšťa väčší prietok, ako je okamžitý prítok do nádrže),
- **ochrannú funkciu: zachytávanie** zvýšených prietokov a **znižovanie** povodňových prietokov s cieľom ochrániť územie pod nádržou (z nádrže sa vypúšťa menší prietok, ako je okamžitý prítok do nádrže),



Obr. 2.24 Zásobná a ochranná funkcia nádrže – schéma

Základné funkcie vodnej nádrže môže plniť viac-menej každý morfológicky vhodný prirodzený alebo umelý priestor, ktorý je schopný akumulovať v čase sa meniace množstvo vody.

2.5.1 Zásobná funkcia nádrže

Ako bolo uvedené, zásobná funkcia nádrže zabezpečuje **nadlepšovanie prietokov** v suchom (málo vodnom) období, čím sa môžu zabezpečiť okamžité potreby, ktoré by v prípade „neexistencie“ nádrže nebolo možné (vzhľadom na nízke prirodzené prietoky v toku) zabezpečiť. Medzi najvýznamnejšie potreby patrí:

- zásobovanie obyvateľstva *pitnou vodou*; pričom v tomto prípade je účelom nádrže aj zlepšenie kvality vody,
- zásobovanie priemyslu *technologickou vodou*,
- zásobovanie poľnohospodárstva vodou na *závlahy*,
- nadlepšovanie minimálnych prietokov v toku pod nádržou pre *zlepšenie čistoty toku* väčším zriedňovaním odpadných vôd,
- zabezpečenie dostatočných *plavebných hĺbok* na splavných tokoch trvalým zvýšením hĺbky v úseku nádrže a nadlepšovaním prietokov v čase nízkych prietokov v úseku pod nádržou,
- v prípade *využitia vodnej energie* hospodáriť s vodou tak, aby sa od odstránil rozpor medzi prirodzeným zákonom odtoku a potrebami energetickej sústavy; mimo to je nádrž jedným z prostriedkov sústredeniu spádu (t. j. vytvorenia potrebného rozdielu hladiny nad a pod vodnou elektrárnou),

- vytvorenie prostredia pre *chov rýb*, resp. pre *rekreáciu*,
- vytvorenie *krajinotvorného prvku* najmä v urbanizovanom prostredí.

2.5.2 Ochranná funkcia nádrže

Ochranná funkcia nádrže zabezpečuje **zachytávanie** zvýšených prietokov a **znižovanie** extrémnych povodňových prietokov s cieľom ochrániť územie a ľudské životy pod nádržou. Okrem toho sa znížením prietokov v toku pod nádržou zníži vymieľanie koryta a stabilizuje sa jeho dno.

Keď nádrž slúži viacerým účelom, nazývame ju **viacúčelovou/viacfunkčnou**. Hlavne pri väčších údolných nádržiach je k zásobnej funkcii spravidla pridružená funkcia ochranná. Výstavba nádrže má okrem pozitívnych účinkov samozrejme aj svoje negatívne dôsledky, a to najmä:

- zatopenie poľnohospodárskej pôdy,
- kolísanie hladiny v nádrži, pri ktorom sa odhaľujú bahnité nánosy a brehy, pričom dochádza k hygienickým a estetickým závadám,
- negatívne účinky vln a ľadu, ktoré môžu spôsobovať erozívne rozrušovanie brehov,
- zanášanie nádrží,
- zvyšovanie teploty vody v nádrži a vznik anaeróbnych procesov.



2.6 Základná rovnica nádrže

Základná rovnica (základný úkon) nádrže vyjadruje vzťah medzi prítokom do nádrže a odtokom z nádrže:



$$Q_p - Q_o = A, \text{ t. j. PRÍTOK} - \text{ODTOK} = \text{AKUMULÁCIA} \quad (2.1)$$

kde:

Q_p – je prítok do nádrže,

Q_o – odtok z nádrže,

A – akumulácia.

Ak $A > 0$ nádrž sa plní, ak $A < 0$ nádrž sa prázdni.

Vzťah (2.1) je možné zapísať aj v objemovom tvare:



$$Q_p \Delta t - Q_o \Delta t = \Delta V \quad (2.2)$$

kde:

Δt – je časový interval,

ΔV – zmena objemu vody v nádrži za čas Δt



2.7 Podklady na vodohospodárske riešenie nádrží

Podklady a údaje potrebné na vodohospodárske riešenie vodnej nádrže (či už zásobnej alebo ochrannej funkcie) je možné rozdeliť na:

- **hydrologické údaje:** opisujúce kapacitu vodných zdrojov (tok, prameň atď.) a jej časový priebeh spolu s údajmi popisujúcimi extrémne hydrologické situácie (najmä povodne); zahŕňajú aj údaje klimatologické (úhrny zrážok, teplota atď.).
- **požiadavky na funkciu nádrže:**
 - pri zásobnej funkcii nádrže sú to požiadavky na množstvo odoberanej vody,
 - pri ochrannej funkcii sú to požiadavky na mieru ochrany územia pod nádržou.

2.7.1 Hydrologické údaje

Hydrologické údaje pre riešenie nádrže je možné rozdeliť na:

- **základné:**
 - plocha povodia – S_p [km²],
 - priemerný ročný úhrn zrážok – h_z [mm],
 - dlhodobý priemerný prietok – Q_a [m³.s⁻¹],
 - čiara prekročenia priemerných denných prietokov,
 - údaje o povodniach (kulminálny prietok – Q_{max} , tvar povodňovej vlny)
- **podrobné:**
 - prietokové rady,
 - parametre charakterizujúce odtokový režim,
 - údaje o zrážkach, výpare z vodnej hladiny, režime podzemných vôd.

„Reálny“ prietokový rad je časový priebeh prietokov vody v časovom intervale Δt (deň, mesiac, rok) v skúmanom profile (t. j. v profile, kde hodnoty prietokov najpresnejšie interpretujú hodnoty prítokov do existujúcej, resp. plánovanej vodnej nádrže) vytvorený na základe priamych **meraní** alebo **analógiu** s „podobným“ povodím. Vzhľadom na to, že prietok v priebehu skúmaného časového intervalu Δt kolíše, vyjadruje sa priemernou hodnotou (priemerný denný, mesačný alebo ročný prietok).

Reálny prietokový rad predstavuje základ pre tzv. **deterministický rad** (kalendárny – v minulosti odpozorovaný). Reálny deterministický rad je vhodný najmä na riešenie úloh týkajúcich sa stanovenia potrebného zásobného objemu nádrže s krátkodobým (maximálne ročným) cyklom regulovania. Dôležité je, aby dĺžka reálneho radu bola dostatočná. Pravidelné merania prietokov v jednotlivých vybraných profiloch hydrologickej siete sa na Slovensku vykonáva od roku 1931.

Pri riešení úloh pri nádržiach s viacročným regulovaním (pozri Kap.2.8.3) je zvyčajne dĺžka reálneho prietokového radu nedostatočná. Reálny rad sa preto nahrádza tzv. **syntetickým radom** získaným použitím rôznych stochastických techník modelovania časových radov prietokov. Syntetický (umelý) prietokový rad je mnohonásobne dlhší ako reálny a obsahuje aj

také hodnoty parametrov prietoku, ktoré sa síce v pozorovanom období nevyskytli, ale v budúcnosti sa môžu vyskytnúť.

2.7.2 Požiadavky na zásobnú funkciu nádrže

Tieto údaje vyjadrujú **kvantitatívne** (aké množstvo) a **kvalitatívne** (aká akosť) požiadavky na odbery z nádrže, a to nielen okamžité, ale aj výhľadové.

Odber vody je daný potrebou vody, t. j. súčtom nárokov na odber z nádrže a jej časovým rozdelením (napr. v prípade závlahových nádrží, bude v čase vegetačného obdobia potreba vody výrazne vyššia ako mimo tohto obdobia).

Návrhové hodnoty odberov pre jednotlivých odberateľov (konzumentov) sú rôznorodé a ich stanovenie patrí pri riešení potrebného zásobného objemu k najdôležitejším. V ďalšom sú uvedený najčastejší odberatelia:

- **obyvateľstvo** – zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou je základnou funkciou vodárenských nádrží, ktoré sú kľúčovými zdrojmi pre skupinové vodovody a vodárenské sústavy,
- **priemysel** – nároky na kvantitu a kvalitu sú špecifické pre každé odvetvie. Ide väčšinou o tzv. vrátne odbery (t. j. odbery vody, ktorá sa po jej využití vracia späť do hydrologického systému),
- **poľnohospodárstvo** – potreba vody z dôvodu zavlažovania pozemkov,
- **hydroenergetika** – na Slovensku patrí k najväčším odberateľom. Tiež sa však jedná o vrátne odbery. Podľa charakteru prevádzky vodnej elektrárne (VE) rozlišujeme:
 - **prietočné VE** – nemenia prietokový režim,
 - **regulačné (špičkové) VE** – výrazne menia prietokový režim.

Bližšie je problematika využitia vodnej energie popísaná v Kap. 5.

Okrem vyššie uvedených tzv. adresných odberov pre konkrétne odvetvia a činnosti existujú aj odbery neadresné. Príkladom neadresného odberu je napr. **sanačný** alebo **biologický prietok** v toku pod nádržou. Garantovanie minimálnej hodnoty tohto prietoku by malo zabezpečiť trvalý priaznivý stav toku pod nádržou.

Pri riešení zásobného objemu treba okrem nároku jednotlivých konzumentov prihliadať aj na straty výparom, resp. priesakom do podložia. Na disponibilitu zásobného objemu môže mať výrazný vplyv aj zanášanie.

2.7.3 Požiadavky na ochrannú funkciu nádrže

Miera ochrany územia pod vodnou nádržou je kvantifikovaná veľkosťou neškodného odtoku z nádrže – $\bar{Q}_{max}$ (pozri Kap. 2.5.2).

Návrhové kritériá, najmä veľkosť kulminačného prietoku návrhovej, resp. kontrolnej povodňovej vlny, závisia od kategorizácie vodnej stavby (I. až IV. kategória) podľa [11] a od faktora možného ohrozenia ľudských životov pri jej potenciálnej havárii [12].



2.8 Riešenie zásobnej funkcie nádrže

Riešenie zásobnej funkcie vodnej nádrže patrí medzi základné úlohy vodohospodárskeho plánovania a riadenia. Cieľom je zabezpečiť požadovaný odber vody (napr. na zásobovanie, energetiku, zavlažovanie) pri rešpektovaní prítokov a objemu nádrže. Tento proces sa často nazýva **simulácia zásobnej funkcie** a vykonáva sa pomocou **vodohospodárskej bilancie**. Tú je možno pre časový interval Δt zapísať v tvare:



$$V_{i+1} = V_i + Q_p \Delta t - Q_o \Delta t \quad (2.3)$$

kde:

- V_{i+1} – je objem vody v nádrži na konci časového intervalu Δt ,
- V_i – objem vody v nádrži na začiatku časového intervalu Δt ,
- Q_p – prítok do nádrže,
- Q_o – odtok z nádrže.

Jednou zo základných úloh riešenia zásobnej funkcie nádrže je **výpočet zásobného objemu nádrže**. Tento výpočet sa robí spravidla na základe hydrologických údajov (prietokov) a požiadaviek na odbery, pomocou metódy **akumulovanej vodohospodárskej bilancie** (tzv. **metóda hromadenia nedostatku/prietokov**).

Potrebný zásobný objem nádrže (V_Z) je možné definovať ako **najväčší kumulatívny deficit medzi prítokmi a odbermi**, ktorý sa vyskytne počas málovodného (suchého) obdobia. Vypočíta sa ako maximálny rozdiel medzi **kumulovaným odberom** a **kumulovaným prítokom** v priebehu času podľa vzťahu:



$$V_Z = \sum_{i=1}^{n=i} (Q_{oi} - Q_{pi})_{max} \cdot \Delta t \quad (2.4)$$

kde:

- Q_{oi} – je odtok z nádrže v i -tom časovom intervale,
- Q_{pi} – prítok do nádrže v i -tom časovom intervale,
- Δt – časový interval.

Vzťah (2.4) predstavuje základ tzv. **bilančných metód** riešenia zásobného objemu nádrže, ktoré ako hydrologické podklady využívajú **reálne** alebo **syntetické** časové rady prítokov (pozri Kap. 2.7.1) do nádrže $Q_{pi} = f(t)$.

Okrem bilančných metód sa používajú aj tzv. **metódy pravdepodobnostné**. Tie vychádzajú zo spracovania prítokov nie v závislosti od času, ale od pravdepodobnosti výskytu. Bližšie sú popísané napr. v [6].

Ďalej sú uvedené postupy riešenia zásobného objemu bilančnou metódou pre nádrže s krátkodobým (denným, týždenným) a dlhodobým (ročným, viacročným) regulovaním.

2.8.1 Nádrže s denným regulovaním

Nádrže s denným regulovaním (s denným regulačným cyklom, resp. s denným regulovaním odtoku) vyrovnávajú rozdiel medzi prítokom a odtokom z nádrže v trvaní cca 24 hodín. To znamená, že objem vody, ktorý do nádrže za 24 hodín pritečie, sa rovná objemu vody, ktorý z nádrže za 24 hodín odtéča. Hovoríme o tzv. **uzavretom dennom regulačnom cykle** (Obr. 2.26).

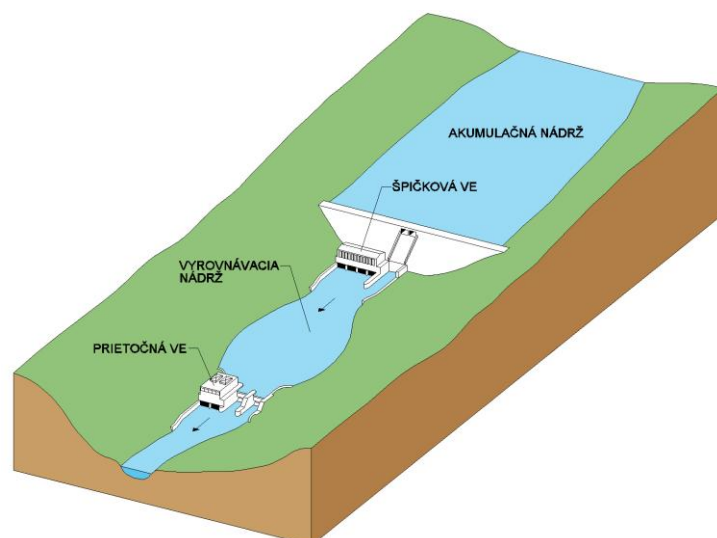
Medzi nádrže s denným regulovaním patria napr.:

- vyrovnávacie nádrže pod špičkovými vodnými elektrárňami (pozri Kap. 2.8.1.1),
- nádrže prihaťových vodných elektrární (pozri Kap. 2.8.1.2),
- nádrže derivačných vodných elektrární (pozri Kap. 2.8.1.3),
- horné resp. dolné nádrže prečerpávacích vodných elektrární (pozri Kap. 2.8.1.4),
- vodojemy.

Nádrže s dennou reguláciou môžu mať okrem zásobného objemu aj retenčný priestor. Ten je však relatívne malý na to, aby slúžil na komplexnú protipovodňovú ochranu územia pod nádržou.

2.8.1.1 Vyrovnávacie nádrže pod špičkovými vodnými elektrárňami

Vyrovnávacia nádrž pod špičkovou vodnou elektrárnou slúži na zachytávanie kolísavého prietoku vody, ktorý vzniká pri prerušovanom chode špičkovej vodnej elektrárne (VE). Jej hlavnou funkciou je zmiernenie tzv. **hydropeakingu**, t. j. náhlych zmien prietoku spôsobených nábehom a odstavením turbín VE počas špičkových dodávok elektrickej energie. V prípade, že by pod takouto špičkovou VE neexistovala vyrovnávacia nádrž, mohli by mať takéto výrazné zmeny prítokov počas dňa negatívny vplyv na riečny ekosystém, eróziu brehov, aj bezpečnosť plavby. Retenčný objem vyrovnávacej nádrže takéto „umelé povodňové vlny“ transformuje väčšinou na rovnomerný (vyrovnaný) odtok. Odtok je často ešte energeticky využitý v prietočnej VE (Obr. 2.25).



Obr. 2.25 Schéma vyrovnávacej nádrže pod špičkovou VE

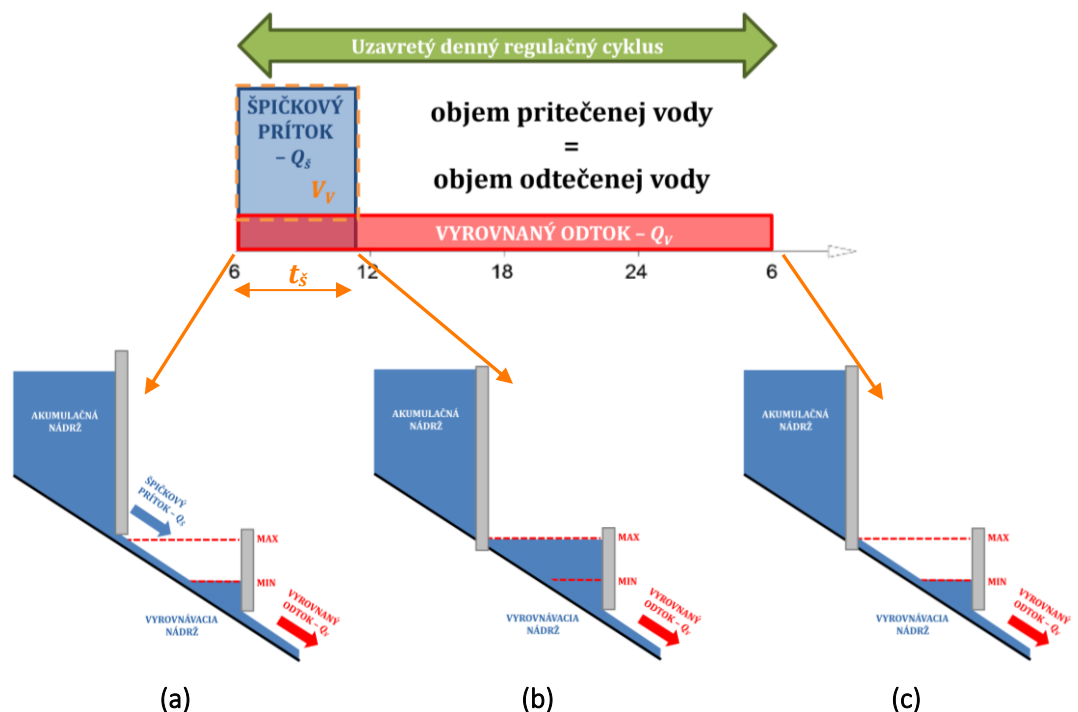
Bilancia prítoku a odtoku z vyrovnávacej nádrže s denným regulovaním je znázornená na Obr. 2.26. Je predpoklad, že regulačný cyklus začne o 6:00 (cca začiatok rannej špičky, t. j. začiatok zvýšeného dopytu po elektrickej energii). Hladina vo vyrovnávacej nádrži je na minimálnej, resp. blízko minimálnej prevádzkovej hladiny (Obr. 2.26a). Vyrovnávacia nádrž sa začne plniť špičkovým prítokom (Q_s) pretekajúcim turbínami špičkovej VE a súčasne z vyrovnávacej nádrže odteká vyrovnaný odtok (Q_v). Po dosiahnutí maximálnej prevádzkovej hladiny vo vyrovnávacej nádrži sa turbíny špičkovej VE odstavajú z prevádzky (Obr. 2.26b). Do vyrovnávacej nádrže nepriteká žiadny prítok, ale odteká z nej vyrovnaný odtok, až kým hladina o 6:00 ďalšieho dňa nedosiahne minimálnu prevádzkovú hladinu (Obr. 2.26c). Denný regulačný cyklus vyrovnávacej nádrže sa uzavrie, t. z., že objem pritečenej vody do vyrovnávacej nádrže za 24 hodín sa rovná objemu odtečenej vody z vyrovnávacej nádrže za 24 hodín. To znamená, že musí platiť:



$$Q_s t_s = Q_v 24 \quad (2.5)$$

kde:

- Q_s – je špičkový prítok do vyrovnávacej nádrže z akumulačnej nádrže cez turbíny špičkovej VE (uvažuje sa ako hĺtnosť VE, t. j. maximálny možný prietok cez turbíny VE),
- t_s – požadovaná dĺžka špičkovej prevádzky VE,
- Q_v – požadovaný vyrovnaný odtok z vyrovnávacej nádrže.



Obr. 2.26 Prítokovo-odberový graf vyrovnávacej nádrže s denným regulovaním

Výpočet potrebného objemu vyrovnávacej nádrže s dennou reguláciou – V_V

Pri výpočte je možné vychádzať zo schémy na Obr. 2.26. Potrebný objem V_V je možné interpretovať ako plochu obdĺžnika ohraničeného oranžovou prerušovanou čiarou, ktorú je možné vypočítať ako:

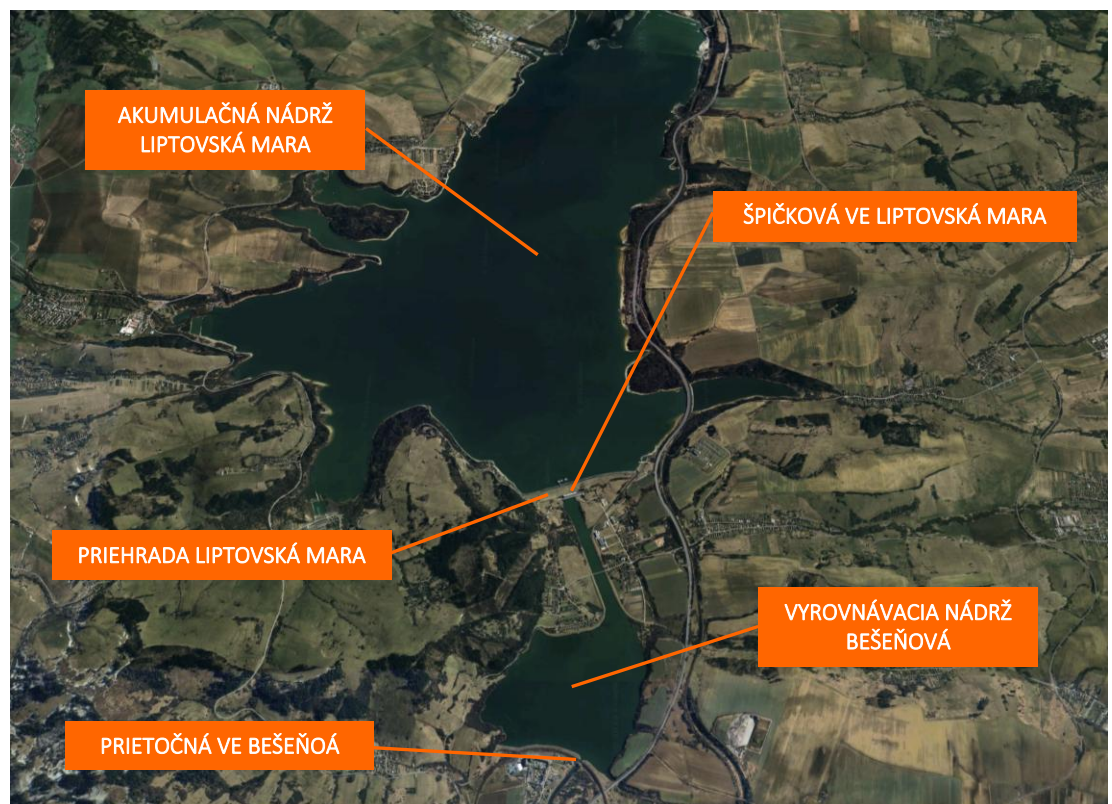


$$V_V = (Q_{\xi} - Q_V)t_{\xi} \quad (2.6)$$

Hltnosť VE (Q_{ξ}) je daná navrhovanými parametrami turbín VE, vyrovnaný odtok z vyrovnávacej nádrže (Q_V) je daný vodohospodárskymi a ekologickými požiadavkami toku pod vyrovnávacou nádržou a dĺžka špičkovej prevádzky VE (t_{ξ}) je daná potrebami energetickej sústavy, v ktorej špičková VE pracuje.

Príkladom vyrovnávacej nádrže (VN) s dennou reguláciou je VN Bešeňová s objemom 7,30 mil. m³, ktorá slúži na vyrovnanie prítokov zo špičkovej VE Liptovská Mara s hltnosťou 540 m³.s⁻¹ (Obr. 2.27, Obr. 2.28). Súčasťou VN Bešeňová je aj prietochná VE s hltnosťou 40 m³.s⁻¹. Akumulačnou nádržou špičkovej VE je vodná nádrž Liptovská Mara.

Vzhľadom na to, že VE Liptovská Mara má okrem klasických turbín aj turbíny, ktoré môžu pracovať v reverzibilnom chode (t. j. ako čerpadlá čerpajúce vodu z VN Bešeňová do vodnej nádrže Liptovská Mara), má VN Bešeňová okrem „štandardnej“ vyrovnávacej funkcie aj funkciu dolnej nádrže prečerpávacej vodnej elektrárne s tzv. zmiešanou akumuláciou vody.



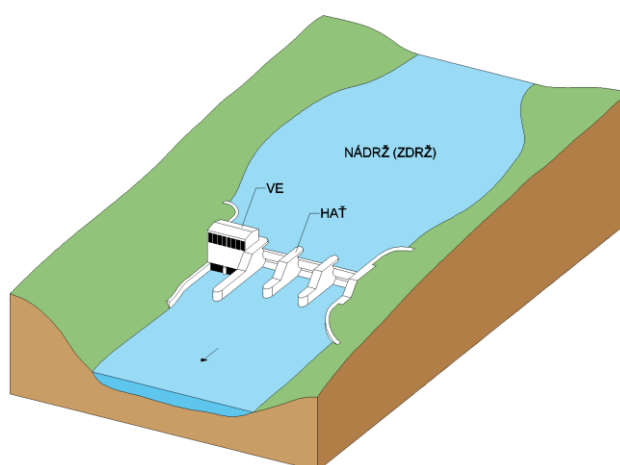
Obr. 2.27 Vodné dielo Liptovská Mara – Bešeňová (Zdroj: Google Maps)



Obr. 2.28 Vyrovnávacia nádrž Bešeňová (Zdroj: seas.sk)

2.8.1.2 Nádrže prihaťových VE s dennou reguláciou

Potreba elektrickej energie počas dňa kolíše. Zvýšené požiadavky na jej dodávku sú najmä počas *rannej* a *večernej špičky*. Prirodzený prítok v toku nad VE však tieto požiadavky „nekopíruje“. Preto je nutné prirodzený prítok nad VE akumulovať v nádrži a následne ho prerozdeliť v čase, tak aby bola VE schopná vyrábať čo najväčšie množstvo elektrickej energie práve v čase, keď to elektrizačná sústava potrebuje (hydropeaking). Zásobný objem nádrže tak umožňuje tzv. **reguláciu prirodzeného prítoku**. V prípade VE s dennou reguláciou cyklus plnenia a prázdnenia nádrže trvá cca 24 hodín. Vzhľadom na to, že voda sa v nádrži „zdrží“ iba na krátky čas, nazývame takúto nádrž aj **zdržou** (Obr. 2.29).



Obr. 2.29 Schéma prihaťovej VE

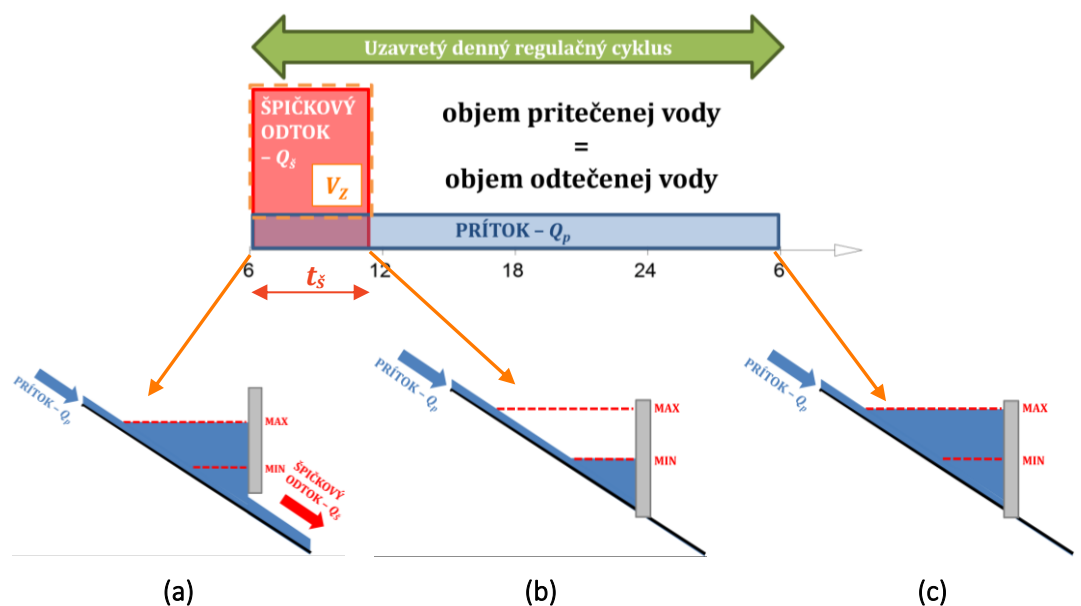
Bilancia prítoku a odtoku z nádrže s denným regulovaním je znázornená na Obr. 2.30. Je predpoklad, že regulačný cyklus začne o 6:00 a VE bude svojou výrobou pokrývať iba rannú špičku. Hladina v nádrži je na maximálnej, resp. blízko maximálnej prevádzkovej hladiny (Obr. 2.30a). Nádrž sa začne prázdniť špičkovým odtokom (Q_s) pretekajúcim turbínami VE a súčasne do nádrže priteká prirodzený prítok (Q_p). Po dosiahnutí minimálnej prevádzkovej hladiny v nádrži sa turbíny VE odstavajú z prevádzky (Obr. 2.30b). Z nádrže neodteká žiadny odtok, ale priteká do nej prirodzený prítok, až kým hladina o 6:00 ďalšieho dňa nedosiahne maximálne prevádzkovú hladinu (Obr. 2.30c). Denný regulačný cyklus nádrže sa uzavrie, t. z., že objem pritečenej vody do nádrže za 24 hodín sa rovná objemu odtečenej vody z nádrže za 24 hodín. To znamená, že musí platiť:



$$Q_s t_s = Q_p 24 \quad (2.7)$$

kde:

- Q_s – je špičkový odtok z nádrže cez turbíny špičkovej VE (uvažuje sa ako hĺtnosť VE, t. j. maximálny možný prietok cez turbíny VE),
- t_s – dĺžka špičkovej prevádzky VE,
- Q_p – priemerný denný prítok do nádrže.



Obr. 2.30 Prítokovo-odberový graf nádrže s denným regulovaním

Výpočet potrebného zásobného objemu nádrže s dennou reguláciou – V_z

Pri výpočte je možné vychádzať zo schémy na Obr. 2.30. Potrebný zásobný objem V_z je možné interpretovať ako plochu obdĺžnika ohraničeného oranžovou prerušovanou čiarou, ktorú je možné vypočítať ako:



$$V_z = (Q_s - Q_p) t_s \quad (2.8)$$

Hltnosť VE (Q_s) je daná parametrami turbín VE a dĺžka špičkovej prevádzky VE (t_s) je daná potrebami energetickej sústavy. Prítok do nádrže (Q_p) závisí od prirodzeného hydrologického režimu toku.

Zo vzťahu (2.8) je zrejmé, že potrebný zásobný objem nádrže (V_Z) bude rôzny pre rôzne hodnoty priemerného denného prítoku do nádrže. Riešením vťahu (2.8), dosadením zo vzťahu (2.7), že najväčší zásobný objem nádrže je potrebný v prípade, že priemerný denný prítok do nádrže má hodnotu $\frac{1}{2}$ hltnosti VE, t. z., že $Q_p = \frac{1}{2} Q_s$. Dĺžka špičkovej prevádzky (t_s) sa v takomto prípade = 12 hod.

Maximálna potrebná veľkosť zásobného objemu V_{Zmax} v m^3 v prípade, že hltnosť VE sa uvažuje v $m^3 \cdot s^{-1}$, sa vypočíta podľa vzťahu:



$$V_{Zmax} = 3600 \cdot 6 \cdot Q_s \quad (2.9)$$

V prípade, že nie je z hľadiska požiadaviek energetickej sústavy potrebné, aby VE pracovala v neprerušovanej špičkovej prevádzke 12 hodín „vkuse“, je možné vybudovať aj nádrž s objemom menším ako V_{Zmax} . VE potom pracuje v tzv. *delenej špičkovej prevádzke* (pokrýva výrobou elektrickej energie ako rannú, tak aj večernú špičku).

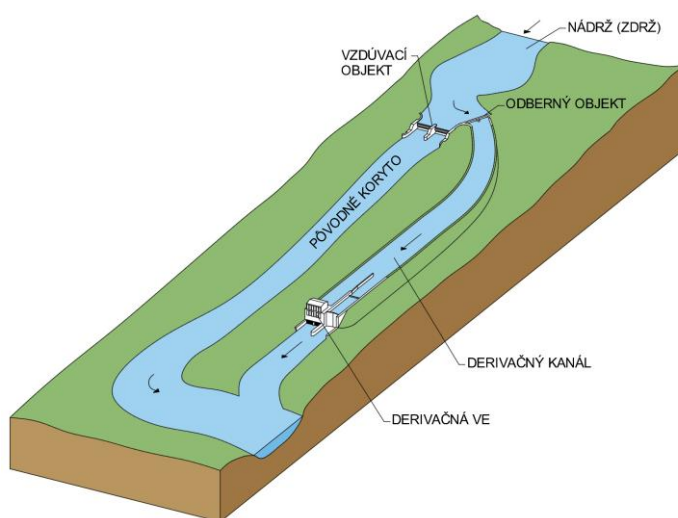
Príkladom nádrže prihaťovej VE s dennou reguláciou je nádrž najmladšieho vodného diela na Váhu uvedeného do prevádzky v roku 1998 – vodného diela (VD) Žilina so zásobným objemom 3,9 mil. m^3 . Vodná nádrž VD Žilina slúži na dennú reguláciu prietokov vo Váhu (Obr. 2.31). Priemerný denný prietok vo Váhu v profile vtoku do nádrže je cca $95 m^3 \cdot s^{-1}$. Hltnosť VE Žilina je $300 m^3 \cdot s^{-1}$.



Obr. 2.31 Vodné dielo Žilina (Zdroj: Facebook, © Ivan Dovala)

2.8.1.3 Nádrže derivačných VE s dennou reguláciou

Princíp prevádzky a výpočet potrebného zásobného objemu nádrže derivačnej VE s dennou reguláciou je totožný s postupmi pre nádrž prihaťovej VE uvedenými v Kap. 2.8.1.2. Priestor na zadržanie vody pritom vzniká nielen nad vzdúvacím objektom (ako v prípade prihaťovej VE), ale aj v samotnom derivačnom kanáli (Obr. 2.32).



Obr. 2.32 Schéma derivačnej VE

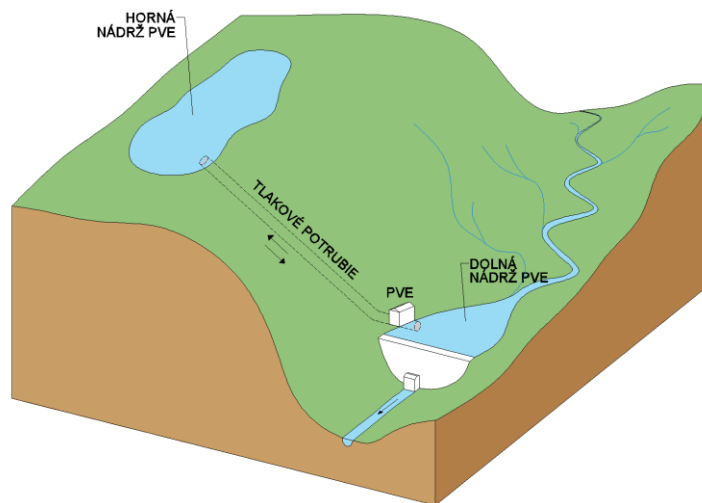
Príkladom nádrže derivačnej VE s dennou reguláciou je nádrž/zdrž VD Gabčíkovo so zásobným objemom **38,9** mil. m^3 nazývaná aj Hrušovská zdrž (Obr. 2.33). Tá slúži na dennú reguláciu prietokov Dunaja, pričom priemerný denný prietok Dunaja v profile vtoku do zdrže je cca **2000** $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Hĺtnosť VE Gabčíkovo je cca **5000** $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.



Obr. 2.33 Hrušovská zdrž vytvorená prehradením Dunaja Vodným dielom Čunovo (Zdroj: ©CBS)

2.8.1.4 Horné a dolné nádrže prečerpávacích vodných elektrární s dennou reguláciou

Horná nádrž prečerpávacej vodnej elektrárne (PVE) slúži de facto ako „baterka“ na akumulovanie elektrickej energie. V čase prebytku elektrickej energie sa voda z dolnej nádrže prečerpá cez tlakové potrubie pomocou čerpadiel PVE do hornej nádrže (Obr. 2.34). V čase zvýšeného dopytu po elektrickej energii sa naakumulovaná voda vypúšťa cez tlakové potrubie cez turbíny PVE z hornej nádrže do dolnej nádrže. Ak sa naplnenie a vyprázdnenie hornej nádrže udeje v rámci cca 24 hodín, hovoríme o PVE s dennou reguláciou.



Obr. 2.34 Schéma PVE

Bilancia prítoku a odtoku z hornej resp. dolnej nádrže PVE s denným regulovaním je znázornená na Obr. 2.35. Je predpoklad, že regulačný cyklus začne o 6:00 (cca začiatok rannej špičky, t. j. začiatok zvýšeného dopytu po elektrickej energii). V tomto čase je horná nádrž úplne naplnená a dolná nádrž je prázdna. Po spustení turbín PVE do prevádzky sa horná nádrž začne prázdniť odtokom a dolná plniť prítokom zodpovedajúcim turbínovému prietoku (Q_T). Po naplnení dolnej, resp. vyprázdnení hornej nádrže sa turbíny PVE zastavia. V čase prebytku elektrickej energie (väčšinou v noci) sa horná nádrž začne plniť prítokom a dolná prázdniť odtokom zodpovedajúcim čerpadlovému prietoku ($Q_Č$). Po naplnení hornej nádrže sa čerpadlá PVE zastavia. Denný regulačný cyklus PVE sa uzavrie, t. z., že objem odtčenej vody z hornej nádrže za 24 hodín sa rovná objemu pritečenej vody do hornej nádrže za 24 hodín. To znamená, že musí platiť:

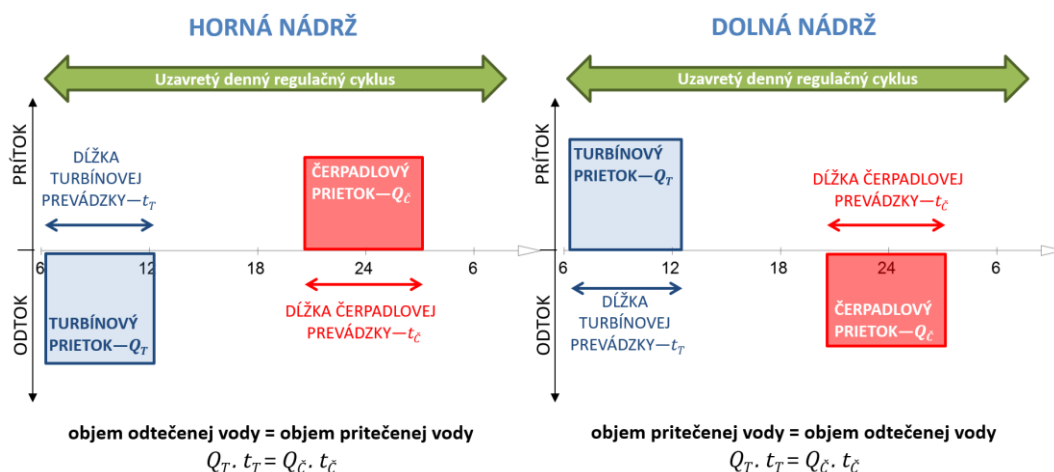


$$Q_T t_T = Q_Č t_Č \quad (2.10)$$

kde:

- Q_T – je turbínový prietok PVE (uvažuje sa ako turbínová hĺtnosť PVE, t. j. maximálny možný prietok cez turbíny PVE),
- t_T – dĺžka turbínovej prevádzky PVE,

- $Q_{\check{c}}$ – čerpadlový prietok PVE (uvažuje sa ako čerpadlová hltnosť PVE, t. j. maximálny možný prietok cez čerpadlá PVE; väčšinou je menší ako maximálny možný prietok cez turbíny),
- $t_{\check{c}}$ – dĺžka čerpadlovej prevádzky PVE.



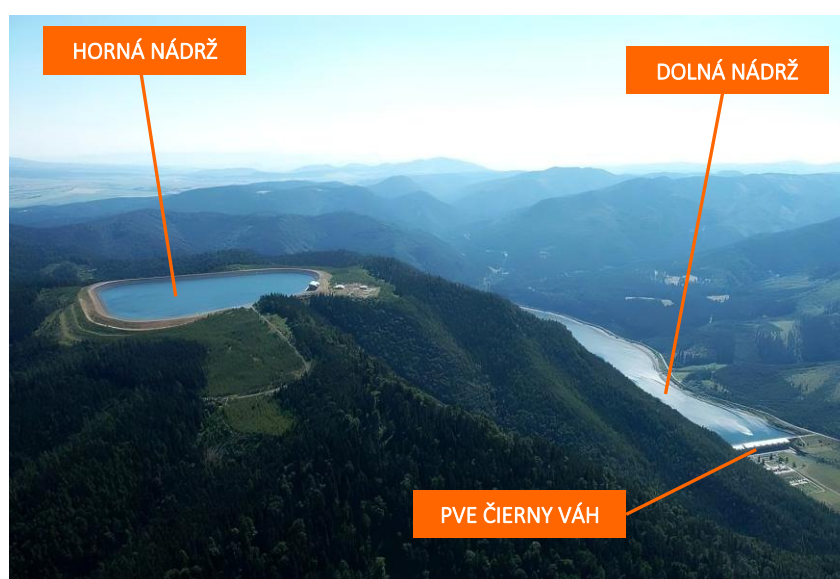
Obr. 2.35 Prítokovo-odberový graf hornej a dolnej nádrže PVE s denným regulovaním

Výpočet potrebného zásobného objemu hornej resp. dolnej nádrže PVE s dennou reguláciou – V_Z

Pri výpočte je možné vychádzať zo schémy na Obr. 2.35. Vzhľadom na vzťah (2.10) je potrebný rovnaký zásobný objem hornej a dolnej nádrže, a je ho možné vypočítať takto:



$$V_Z = Q_T t_T = Q_{\check{c}} t_{\check{c}} \quad (2.1)$$



Obr. 2.36 Prečerpávací vodná elektrárň Čierny Váh (Zdroj: ©Doprastav)

Príkladom hornej a dolnej nádrže PVE s dennou reguláciou sú nádrže PVE Čierny Váh (Obr. 2.36). Horná nádrž (Obr. 2.37) slúži na sekundárnu akumuláciu vôd toku Čierny Váh a má zásobný objem 3,7 mil. m³. Voda je prečerpávaná z dolnej nádrže PVE tiež s objemom 3,7 mil. m³ (Obr. 2.38). Hltnosť turbín PVE Čierny Váh je 188 m³.s⁻¹ a hltnosť čerpadiel PVE 132 m³.s⁻¹.



Obr. 2.37 Horná nádrž PVE Čierny Váh (Zdroj: ©Doprastav)



Obr. 2.38 Dolná nádrž PVE Čierny Váh (Zdroj: ©Slovenské elektrárne)

2.8.2 Nádrže s týždenným regulovaním

Nádrže s týždenným regulovaním sú schopné vyrovnáť rozdiel medzi prítokom a odtokom z nádrže v rámci cca 1 týždňa. Týždenné regulovanie sa využíva najmä v hydroenergetike a vychádza z faktu, že počas pracovných dní je potreba výroby elektrickej energie vyššia ako počas víkendu.

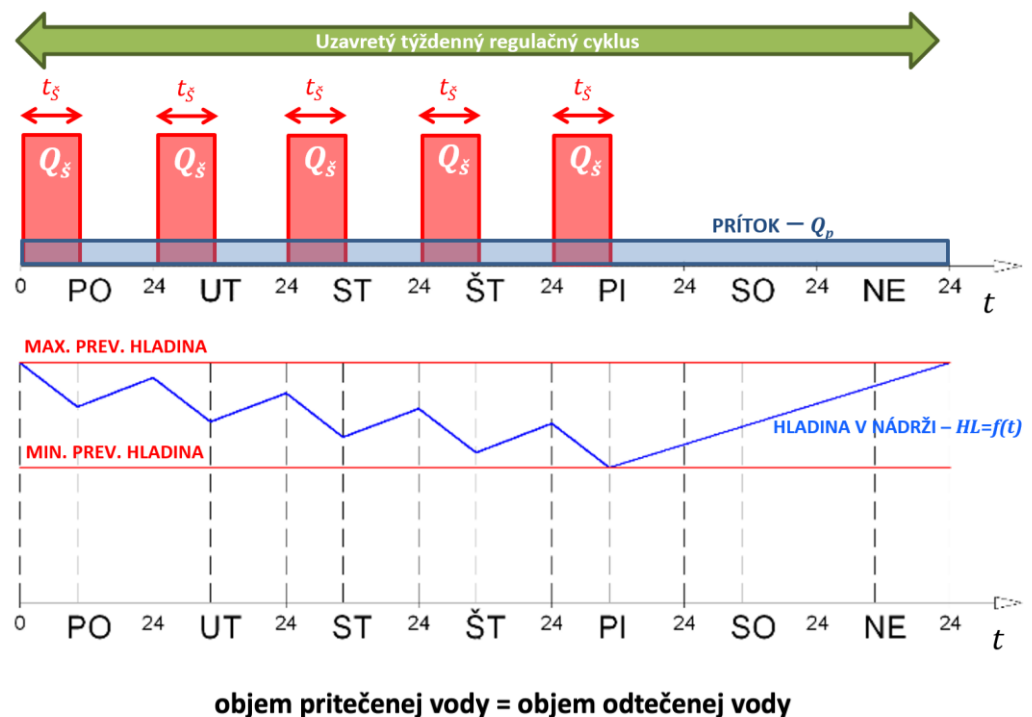
Bilancia prítoku a odtoku z nádrže s týždenným regulovaním je znázornená na Obr. 2.39. Týždenný regulačný cyklus začína zvyčajne v pondelok. Hladina v nádrži je na maximálnej, resp. blízko maximálnej prevádzkovej hladiny. Nádrž sa začne prázdniť špičkovým odtokom (Q_s) pretekajúcim turbínami VE a súčasne do nádrže priteká prirodzený prítok (Q_p). V čase mimo „špičiek“ sa nádrž čiastočne naplňa prítokom (Q_p). Po dosiahnutí minimálnej prevádzkovej hladiny v nádrži (v posledný pracovný deň týždňa) sa nádrž plní, až kým nedosiahne opäť maximálnu prevádzkovú hladinu. Týždenný regulačný cyklus nádrže sa uzavrie, t. z., že objem pritečenej vody do nádrže o odtečenej vody z nádrže za 1 týždeň sa rovná. Hovoríme o tzv. **uzavretom týždennom regulačnom cykle**, kde platí:



$$d(Q_s t_s) = 7(Q_p 24) \quad (2.11)$$

kde:

- Q_s – je špičkový odtok z nádrže cez turbíny špičkovej VE (uvažuje sa ako hltnosť VE, t. j. maximálny možný prietok cez turbíny VE),
- t_s – dĺžka špičkovej prevádzky VE,
- Q_p – priemerný týždenný prítok do nádrže,
- d – počet pracovných dní v týždni.



Obr. 2.39 Prítokovo-odberový graf nádrže s týždenným regulovaním

Výpočet potrebného zásobného objemu nádrže s týždenným regulovaním – V_Z

Potrebný zásobný objem V_Z je väčší ako zásobný objem pre potreby denného regulovania a je ho možné vypočítať ako:



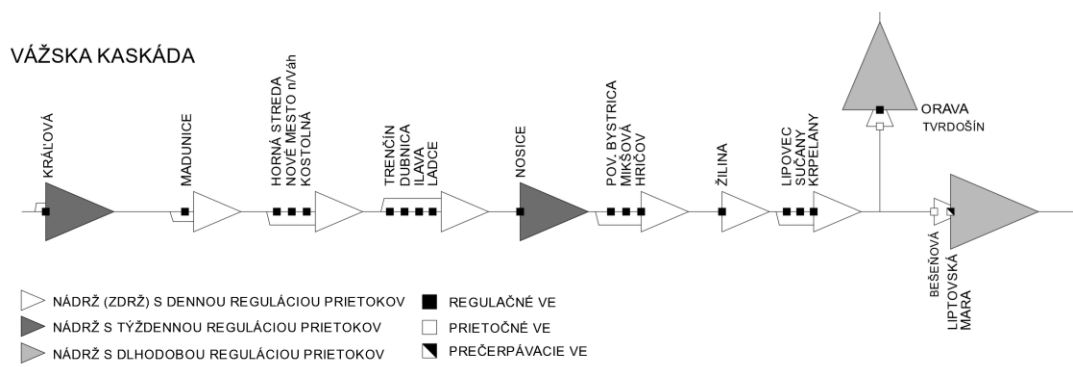
$$V_Z = Q_p[24(7 + 1 - d) - t_s] \quad (2.12)$$

Hltnosť VE (Q_s) je daná parametrami turbín VE a dĺžka špičkovej prevádzky VE (t_s) je daná potrebami energetickej sústavy. Prítok do nádrže (Q_p) závisí od prirodzeného hydrologického režimu toku.

Príkladom nádrže s týždennou reguláciou je nádrž vodného diela Kráľová (Obr. 2.40). Vodná nádrž VD Kráľová so zásobným objemom 20,45 mil. m³ je poslednou nádržou Vážskej kaskády (Obr. 2.41). Priemerný denný prietok vo Váhu v profile vtoku do nádrže je cca 150 m³.s⁻¹. Hltnosť VE Kráľová je 400 (s prehltením turbín 500) m³.s⁻¹.



Obr. 2.40 Vodná nádrž VD Kráľová na Váhu (Zdroj: ©Slovenský rybársky zväz)



Obr. 2.41 Schéma Vážskej kaskády

2.8.3 Nádrže s dlhodobým regulovaním

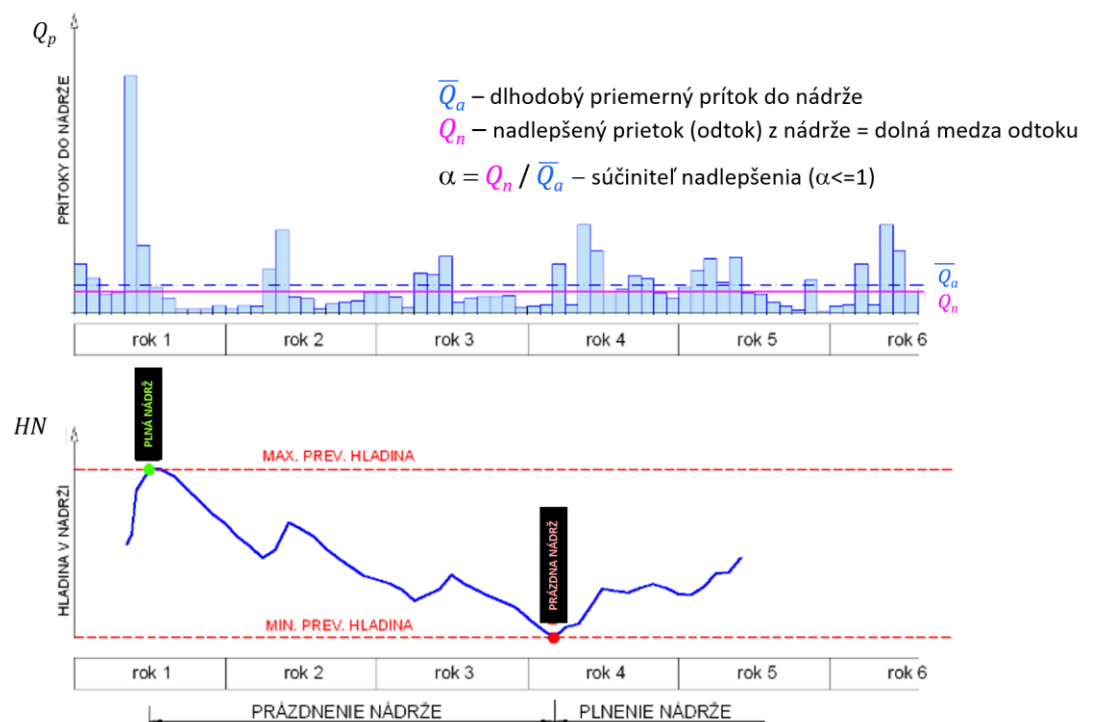
Nádrže s dlhodobým regulovaním sú schopné vyrovnávať prítoky do nádrže na priemerný dlhodobý odber v ročnom alebo viacročnom cykle.

Nádrže s ročným regulovaním vyrovnávajú rozdiel medzi prítokom a odtokom z nádrže v rámci vodohospodárskeho roka. V prípade, keď je potreba vody väčšia ako objem pritečenej vody v málo vodnom období v roku, je nutné využívať prebytky vody z vodnejších období v danom roku.

Nádrže s viacročným regulovaním vyrovnávajú rozdiel medzi prítokom a odtokom z nádrže v rámci viacerých rokov. V prípade, keď je potreba vody väčšia ako objem pritečenej vody v málo vodnom roku, je nutné využívať prebytky vody z vodnejších rokov.

Nádrže s dlhodobým regulovaním sú viacúčelové. Plnia niekoľko účelov, z ktorých môžu byť niektoré významnejšie. Základnou funkciou je **ochrana proti povodňam**. Z hľadiska zásobného plnia najmä funkcie spojené so zabezpečením dostatočného množstva vody **pre závlahy** (napr. vodná nádrž Zemplínska Šírava), **pitné účely** (napr. vodárenská nádrž Málinec, Nová Bystrica, Klenovec) a **energetické účely** (napr. vodná nádrž Liptovská Mara a Orava).

Medzi základné podklady pre stanovenie parametrov nádrže s dlhodobou reguláciou patrí tzv. *prietokový rad*, t. j. časový priebeh prítokov v profile vtoku do nádrže v časovom intervale Δt . Ten môže byť tzv. *deterministický* – *chronologický*, t. j. reálny rad prietokov, alebo *syntetický*, t. j. umelý rad prietokov vymodelovaný na základe rôznych stochastických techník. Syntetický rad môže potom zahŕňať aj také hodnoty prietokov, ktoré sa síce ešte v minulosti v danom profile nevyskytli, ale v budúcnosti by sa mohli. To je veľmi dôležité pri predikcii extrémnych hydrologických situácií (povodne/sucho), a to najmä v dnešnej dobe výrazných klimatických zmien.



Obr. 2.42 Priemerné mesačné prítoky do nádrže a časový priebeh polohy hladiny v nádrži

Na Obr. 2.42 je grafické znázornenie radu priemerných mesačných prítokov do nádrže s grafickým znázornením časového priebehu polohy hladiny v nádrži. V rámci časového priebehu polohy hladiny je vyznačené obdobie prázdnenia a plnenia nádrže. O plnej nádrži hovoríme v prípade, že je hladina na maximálnej prevádzkovej hladine a o prázdnej nádrži v prípade, že je na minimálnej prevádzkovej hladine. **Nadlepšený prietok (odtok) z nádrže Q_n** predstavuje prietok, ktorý je možné dlhodobo odoberať z nádrže bez toho, aby hladina v nádrži klesla pod úroveň minimálnej prevádzkovej hladiny. Pojem „nadlepšený“ vychádza z toho, že objem vody naakumulovaný v nádrži v období prítokov do nádrže väčších ako je hodnota Q_n , umožňuje v čase nižších prítokov do nádrže ako je hodnota Q_n odoberať z nádrže prietok „väčší - lepší“ ako je okamžitý prirodzený prítok do nádrže. Je zrejmé, že hodnota nadlepšeného prietoku Q_n nemôže byť väčšia ako hodnota dlhodobého priemerného prítoku do nádrže $\bar{Q}_a$. To znamená, že súčiniteľ nadlepšenia $\alpha = Q_n / \bar{Q}_a$ nemôže byť väčší ako 1.

Výpočet potrebného zásobného objemu nádrže s dlhodobým regulovaním – V_Z

Jedným zo spôsobov ako stanoviť hodnotu potrebného zásobného objemu nádrže s dlhodobým regulovaním je tabuľkový výpočet pomocou tzv. *numerickej bilančnej metódy*. Princíp riešenia je zobrazený na Obr. 2.43. Hodnoty Q_{pi} predstavujú priemerné mesačné, resp. ročné prítoky do nádrže. Zásobný objem je potom možné stanoviť pre násobením maximálnej hodnoty kumulatívneho súčtu v poslednom stĺpci tabuľky s časovým intervalom Δt v zmysle vzťahu:



$$V_Z = \sum_{i=1}^{n=i} (Q_n - Q_{pi})_{\max} \cdot \Delta t \quad (2.13)$$

Časový interval	Prítok	Nadlepšený odtok	$Q_n - Q_{pi}$	$\sum_{i=1}^{n=i} (Q_n - Q_{pi})$
1	Q_{p1}	Q_n	$Q_n - Q_{p1}$	$\sum_{i=1}^1 (Q_n - Q_{pi})$
2	Q_{p2}	Q_n	$Q_n - Q_{p2}$	$\sum_{i=1}^2 (Q_n - Q_{pi})$
3	Q_{p3}	Q_n	$Q_n - Q_{p3}$	$\sum_{i=1}^3 (Q_n - Q_{pi})$
4	Q_{p4}	Q_n	$Q_n - Q_{p4}$	$\sum_{i=1}^4 (Q_n - Q_{pi})$
5	Q_{p5}	Q_n	$Q_n - Q_{p5}$	$\sum_{i=1}^5 (Q_n - Q_{pi})$
6	Q_{p6}	Q_n	$Q_n - Q_{p6}$	$\sum_{i=1}^6 (Q_n - Q_{pi})$
7	Q_{p7}	Q_n	$Q_n - Q_{p7}$	$\sum_{i=1}^7 (Q_n - Q_{pi})$
8	Q_{p8}	Q_n	$Q_n - Q_{p8}$	$\sum_{i=1}^8 (Q_n - Q_{pi})$
9	Q_{p9}	Q_n	$Q_n - Q_{p9}$	$\sum_{i=1}^9 (Q_n - Q_{pi})$
10	Q_{p10}	Q_n	$Q_n - Q_{p10}$	$\sum_{i=1}^{10} (Q_n - Q_{pi})$

ak
 $\sum_{i=1}^{n=i} (Q_n - Q_{pi}) < 0$
 potom
 $\sum_{i=1}^{n=i} (Q_n - Q_{pi}) = 0$

Obr. 2.43 Princíp tabuľkového výpočtu zásobného objemu nádrže s dlhodobým regulovaním

Príkladom vodnej nádrže s ročným regulovaním je nádrž VD Liptovská Mara (Obr. 2.44) so zásobným objemom 320 mil. m³, ktorej hlavnými účelmi sú protipovodňová ochrana a energetické využitie. Vodnou nádržou s ročným regulovaním je aj nádrž VD Orava (Obr. 2.18)

so zásobným objemom 336 mil. m³. Obidve nádrže sú vrcholovými nádržami Vážskej kaskády (Obr. 2.41) regulujúcimi prietok vody v riekach Váh a Orava tak, aby bol zabezpečený stabilný prietok Vážskou kaskádou počas celého roka.



Obr. 2.44 Vodná nádrž Liptovská Mara (Zdroj: slovakia.travel.sk, ©CBS)

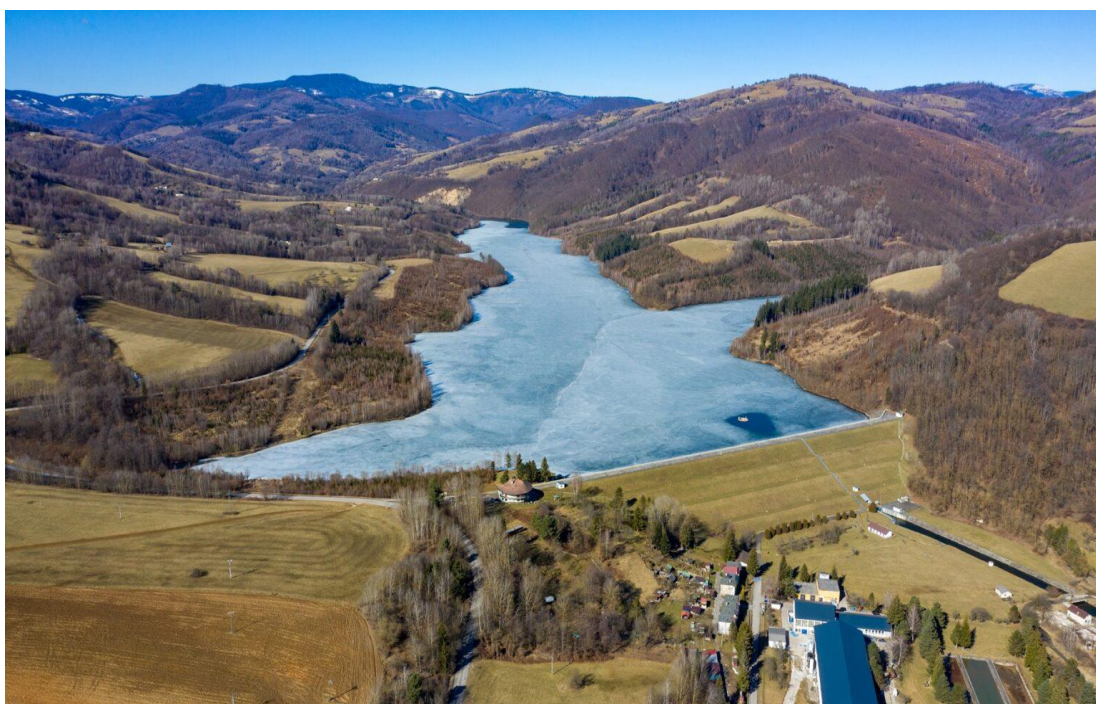
Príkladom vodnej nádrže s viacročným regulovaním je vodná nádrž Málinec (Obr. 2.45) so zásobným objemom 23,7 mil. m³, ktorá vznikla prehradením Ipľa priehradou vysokou 48 m. Bola vybudovaná spolu s nádržou Hriňová (Obr. 2.46) a Klenovec (Obr. 2.47) ako sústava vodárenských nádrží na stabilné zásobovanie juhu stredného Slovenska pitnou vodou počas celého roka.



Obr. 2.45 Vodárenská nádrž Málinec (Zdroj: ©Slovenský vodohospodársky podnik)



Obr. 2.46 Vodárenská nádrž Hriňová (Zdroj: ©Tomáš Belko)



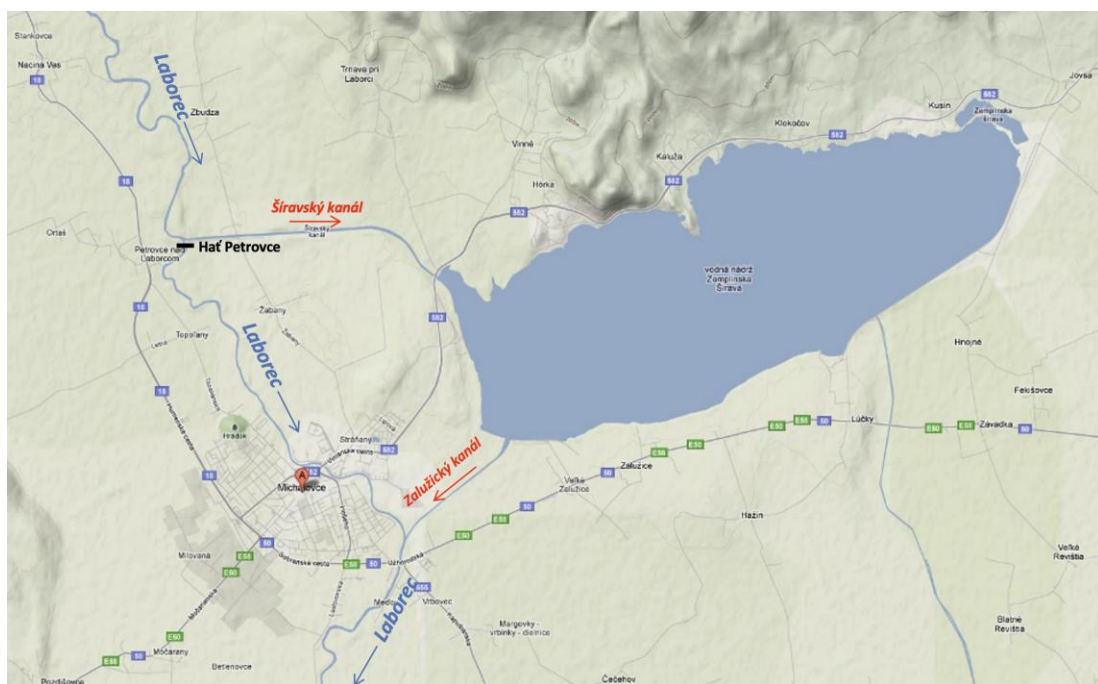
Obr. 2.47 Vodárenská nádrž Klenovec (Zdroj: ©Slovenský vodohospodársky podnik)

Ďalšou vodnou nádržou s viacročným regulovaním je Zemplínska šírava na východnom Slovensku, neďaleko Michaloviec (Obr. 2.48). Zásobný objem nádrže je 177 mil. m³.



Obr. 2.48 Vodná nádrž Zemplínska šírava (Zdroj: ©Milan Juhás)

V prípade Zemplínskej šíravy z hľadiska umiestnenia (na rozdiel od všetkých doteraz v texte uvedených nádrží) ide o nádrž *nepretekajú – bočnú* (Obr. 2.2). To znamená, že rieka Laborec, ktorá zásobuje nádrž vodou, nepreteká nádržou priamo. Do Zemplínskej šíravy sa voda privádza *Šíravským kanálom* a z nádrže odteká *Zálužickým kanálom* (Obr. 2.49).



Obr. 2.49 Schéma prítoku a odtoku z nádrže Zemplínska šírava (Zdroj: ©Google Maps)

Hlavnými účelmi nádrže sú ochrana územia pred záplavami a zásobovanie vodou pre zavlažovanie poľnohospodárskej pôdy v nížinách východného Slovenska. Voda z nádrže sa používa aj na chladenie technológie v chemickom závode Chemko Strážske. Nádrž reguluje prietoky vody v Laborci a následne v rieke Bodrog, aby bol zabezpečený stabilný prietok aj v období sucha. Zemplínska šírava patrí medzi najvýznamnejšie rekreačné oblasti na Slovensku.



Obr. 2.50 Zemplínska šírava (Zdroj: ©Jozef Mareček)



Kontrolné otázky

- Aké sú základné parametre vodnej nádrže?
- Ako sa delí celkový objem vodnej nádrže?
- Aké sú základné funkcie nádrže a k čomu slúžia?
- Čo vyjadruje základná rovnica nádrže?
- Aké podklady sú potrebné k vodohospodárskemu riešeniu vodnej nádrže?
- Aké nádrže patria medzi nádrže s denným regulovaním?
- Ako sa stanoví potrebný zásobný objem nádrže s denným regulovaním?
- Ako sa stanoví potrebný zásobný objem nádrže s týždenným regulovaním?
- Ako sa stanoví potrebný zásobný objem nádrže s dlhodobým regulovaním?



2.9 Riešenie ochrannej funkcie nádrže

Popri zásobnej funkcii nádrže (pozri Kap. 2.8) je ochranná funkcia základnou zložkou komplexného vodohospodárskeho riešenia vodnej nádrže. Ochranná funkcia nádrže zabezpečuje **zachytávanie** zvýšených prietokov a **znižovanie** extrémnych povodňových prietokov s cieľom ochrániť územia a ľudské životy pod nádržou.

Medzi základné príčiny vzniku povodne je možné považovať:

- náhle alebo intenzívne dažďové zrážky, ktorých úhrn presahuje 100 mm na m² za deň. Takéto povodne sa označujú ako prívalové povodne (*flash floods*),
- dlhotrvajúce dažďové zrážky, často niekoľko (2 až 5) dní presahujúce 50 až 125 mm na m², pričom je možné, že sa podobný stav bude v krátkom čase opakovať,
- topenie snehu alebo ľadu,
- vznik prekážky vo vodnom toku – napr. nahromadenie ľadových krýh (tzv. ľadová povodeň) alebo dreva a následné vyliatie z koryta toku.

Prvé zmienky o veľkých povodniach na našom území nachádzame len vo forme stôp, ako sú značky kulminačných hladín na historických budovách či záznamy v archívnych dokumentoch. Podľa [13] najstaršie doklady o povodni na našej najväčšej rieke, **Dunaji**, pochádzajú z roku 1012. Za najväčšiu povodeň na Dunaji sa považuje povodeň z augusta 1501. Hydrologické rekonštrukcie uvádzajú kulminačný prietok vo Viedni až 14 000 m³.s⁻¹. V Bratislave bola pravdepodobne najväčšia povodeň v roku 1516 – značka výšky kulminačnej hladiny na pilieri Vydrickej brány predstavuje zároveň najstaršiu zachovanú povodňovú značku na území Slovenska. Druhá najväčšia povodeň, tzv. „dušičková povodeň“, zasiahla územie na začiatku novembra 1787. Mimoriadne ničivá pre Bratislavu bola ľadová povodeň vo februári 1850, pri ktorej došlo k upchatiu koryta Dunaja nahromadenými ľadovými kryhami a následnému zdvihnutiu hladiny. Na Obr. 2.51 je jedna zo zachovaných povodňových značiek na rohu Laurinskej a Uršulínskej ulice v historickom centre mesta.



Obr. 2.51 Povodňová značka na Laurinskej ulici (Zdroj: ©Gabriela Mikulčíková)

V nedávnej histórii Slovenska bola jednou z najničivejších povodní na Dunaji povodeň v roku 1965. Po pretrhnutí hrádze pri Patinciach (Obr. 2.52) voda z Dunaja zaplavila rozsiahle oblasti Žitného ostrova, pričom najviac postihnuté boli obce a mestá ako Patince, Iža, Komárno, Dunajská Streda a Kolárovo (Obr. 2.53).



Obr. 2.52 Pretrhnutie hrádze Dunaja pri Patinciach v roku 1965 (Zdroj: TASR, ©Štefan Petráš)



Obr. 2.53 Zaplavené územie Žitného ostrova počas povodne v roku 1965 (Zdroj: TASR, ©Štefan Petráš)

V 21. storočí bola na Dunaji najväčšou (a treťou najväčšou v histórii pravidelných meraní) povodeň v roku 2002.



Obr. 2.54 Povodeň v roku 2002, Tyršovo nábrežie, Bratislava (Zdroj: pravda.sk, ©Ivan Majerský)

Historicky najväčšou povodňou na našej najdlhšej rieke, **Váhu**, o ktorej existujú archívne záznamy, bola povodeň z roku 1813. Vyžiadala si 243 ľudských životov. Váh bol v minulosti nespútanou riekou a v kronikách sú záznamy o desiatkach ničivých povodní. V roku 1958 spôsobila povodeň na Váhu rozsiahle škody najmä na Liptove a Kysuciach. Väčším škodám však zabránili Oravská a Nosická priehrada. Ich protipovodňová funkcia sa ešte výraznejšie prejavila pri povodni v júli 1960, keď Oravská priehrada (Obr. 2.18) zabránila súbehu kulminačných prietokov Oravy a Váhu, a Nosická priehrada znížila povodňovú vlnu až o $1000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.



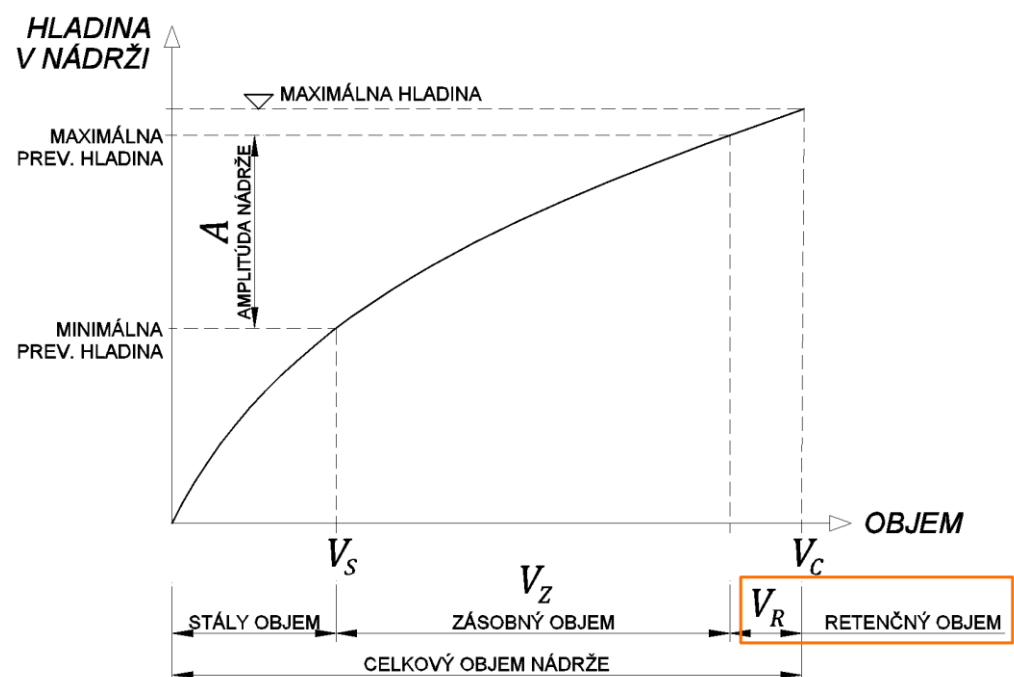
Obr. 2.55 Povodeň v Žiline, rok 1958 (Zdroj: TASR, ©F. Kocian)

Ani ostatné územie Slovenska nebolo ušetrené od ničivých povodní – postihnuté boli povodia **Hrona** a jeho prítokov. Dochovali sa doklady o povodni na Hrone z marca 1784, a najvyšší vodný stav pri povodni z roku 1813 zaznamenáva značka na mestskom múre v Banskej Bystrici. Povodne na **Hrone, Ipli, Slanej, Rimave** a ich prítokoch v roku 1974 ostali zapísané ako najrozsiahlejšie v 20. storočí.

Bez pochyb bolo východné Slovensko miestom častých povodňových katastrof už v dávnej minulosti. Medzi najväčšie povodne v povodí **Bodrogu** a **Tisy** patrí storočná voda v roku 1924, povodeň na Tise v roku 1932 a viaceré veľké povodne v druhej polovici 20. storočia. Povodie rieky **Hornád** zasiahla veľká povodeň v roku 1958 a **Torysa** zažila povodňovú katastrofu v roku 1952. Koniec 2. a začiatok 3. tisícročia priniesli pre región východného Slovenska v krátkom časovom úseku viacero ničivých povodní s katastrofálnymi následkami.

2.9.1 Retenčný objem nádrže

Retenčný objem/priestor nádrže – V_R (Obr. 2.56) slúži na zachytávanie a znižovanie extrémnych povodňových prietokov s cieľom ochrániť územie a ľudské životy pod nádržou. Je však dôležité poznamenať, že na samotnej ochrannej funkcii sa nemusí podieľať len retenčný objem nádrže, ale väčšinou ide o spoluprácu retenčného a zásobného objemu.



Obr. 2.56 Krivka objemov nádrže

Po prekročení maximálnej prevádzkovej hladiny v nádrži sa voda cez profil priehrady prepúšťa pomocou tzv. **bezpečnostného priepadu**. Z hľadiska konštrukčného a umiestnenia je možné bezpečnostný priepad rozdeliť na:

- bočný (Obr. 2.57, Obr. 2.58 a Obr. 2.61),
- korunový (Obr. 2.60),
- šachtový (Obr. 2.60).

Retenčný objem nádrže môže byť (vzhľadom na možnosť jeho ovládania/regulácie):

- **Neovládateľný** – bezpečnostný priepad nemá pohyblivé uzávery na reguláciu množstva prietoku cez bezpečnostný priepad. V prípade, že hladina vystúpi nad priepadovú hranu bezpečnostného priepadu, prepádajúce množstvo vody závisí iba od výšky hladiny v nádrži.
- **Ovládateľný** – bezpečnostný priepad má pohyblivé uzávery na reguláciu množstva prietoku cez bezpečnostný priepad. Prepádajúce množstvo vody cez bezpečnostný priepad závisí od polohy uzáveru.
- **Čiastočne ovládateľný** – do určitej výšky hladiny v nádrži je možné prietok cez bezpečnostný priepad regulovať; od určitej výšky už nie.

Príkladom **neovládateľného** retenčného objemu nádrže, kde je priepad vody zabezpečený cez **bočný** bezpečnostný priepad bez pohyblivých regulačných uzáverov, je napr. retenčný objem vodnej nádrže Llyn Brianne vo Walese (Obr. 2.57 a Obr. 2.58).



Obr. 2.57 Bočný bezpečnostný priepad priehrady Llyn Brianne, Wales (Zdroj: Wikimedia, ©J. Phillips)



Obr. 2.58 Bočný bezpečnostný priepad, Llyn Brianne, Wales (Zdroj: Tindle News)

Príklady **neovládateľných** retenčných objemov nádrží, kde je prepád vody zabezpečený cez **korunový** bezpečnostný priepad bez pohyblivých regulačných uzáverov, sú na Obr. 2.60.



Obr. 2.59 Korunové bezpečnostný priepady

Príklad **neovládateľného** retenčného objemu nádrže, kde je prepád vody zabezpečený cez **šachtový** bezpečnostný priepad bez pohyblivých regulačných uzáverov, je napr. retenčný objem nádrže Berryessa v štáte Kalifornia, USA (Obr. 2.60).



Obr. 2.60 Fázy zatopenia šachtového bezpečnostného priepadu, Berryessa, Kalifornia

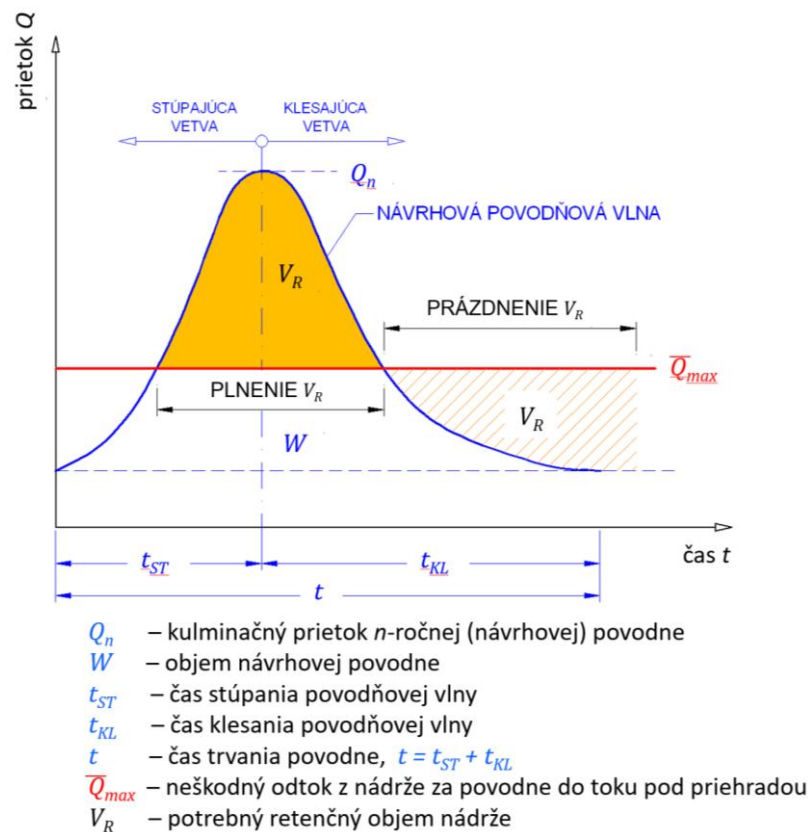
Príklad **ovládateľného** retenčného objemu nádrže, kde je prepad vody zabezpečený cez **bočný** bezpečnostný priepad s pohyblivými regulačnými uzávermi, je napr. retenčný objem nádrže Orlík v Českej republike (Obr. 2.61).



Obr. 2.61 Vizualizácia bočného bezpečnostného priepadu, Orlík, ČR (Zdroj: pvl.cz)

Výpočet potrebného retenčného objemu vodnej nádrže – V_R

Základným podkladom pre stanovenie potrebného retenčného objemu nádrže je tzv. **návrhová povodňová vlna** (Obr. 2.62). Parametre návrhovej povodňovej vlny (t. j. jej objem, kulminačný prietok a tvar) sa stanovujú na základe viacerých faktorov, pričom rozhodujúcim je miera škôd, ktorá by bolo spôsobená v prípade, že by retenčný objem nádrže nebol dostatočný. Jeho veľkosť musí byť aspoň taká, aby z nádrže nebol (ani pri povodni) vypúšťaný odtok väčší ako je tzv. **neškodný odtok $\bar{Q}_{max}$** . Hodnota neškodného odtoku z nádrže pritom predstavuje maximálny prietok, ktorý je možno vypúšťať z nádrže tak, aby to nespôsobilo v území pod nádržou výrazné škody. Návrhová povodeň je charakterizovaná pravdepodobnosťou výskytu, resp. tzv. n -ročnosťou. Napr. **100-ročná** povodeň je povodeň, ktorá sa v danom profile toku vyskytne s pravdepodobnosťou raz za **100** rokov. Čím ide o väčšiu povodeň, tým je pravdepodobnosť jej výskytu menšia, avšak kulminačný prietok je väčší. Hodnota Q_n predstavuje hodnotu tzv. **kulminačného prietoku** povodne, t. j. hodnotu maximálneho prietoku, ktorý sa počas povodne vyskytol.



Obr. 2.62 Parametre návrhovej povodňovej vlny

Jedným zo spôsobov, ako stanoviť hodnotu potrebného retenčného objemu vodnej nádrže, je tabuľkový výpočet pomocou *numerickej bilančnej metódy*. Princíp riešenia je zobrazený na Obr. 2.63. Hodnoty Q_{pi} predstavujú priemerné hodnoty prietokov návrhovej povodne v jednotlivých vhodne zvolených časových intervaloch Δt . Potrebný retenčný objem nádrže je

potom možné stanoviť pre násobenie maximálnej hodnoty kumulatívneho súčtu v poslednom stĺpci tabuľky s časovým intervalom Δt v zmysle vzťahu:



$$V_R = \sum_{i=1}^{n=i} (Q_{pi} - Q_{oi})_{\max} \cdot \Delta t \quad (2.14)$$

kde:

Q_{oi} – je odtok z nádrže v i -tom časovom intervale,

Q_{pi} – prítok do nádrže v i -tom časovom intervale,

Δt – časový interval.

Časový interval Δt	Prítok do nádrže (návrhová povodeň)	Odtok z nádrže	$Q_{pi} - Q_{oi}$	$\sum_{j=1}^{n=i} (Q_{pj} - Q_{oj})$
1	Q_{p1}	Q_{o1}	$Q_{p1} - Q_{o1}$	$\sum_{j=1}^1 (Q_{pj} - Q_{oj})$
2	Q_{p2}	Q_{o2}	$Q_{p2} - Q_{o2}$	$\sum_{j=1}^2 (Q_{pj} - Q_{oj})$
3	Q_{p3}	Q_{o3}	$Q_{p3} - Q_{o3}$	$\sum_{j=1}^3 (Q_{pj} - Q_{oj})$
4	Q_{p4}	Q_{o4}	$Q_{p4} - Q_{o4}$	$\sum_{j=1}^4 (Q_{pj} - Q_{oj})$
5	Q_{p5}	Q_{o5}	$Q_{p5} - Q_{o5}$	$\sum_{j=1}^5 (Q_{pj} - Q_{oj})$
6	Q_{p6}	Q_{o6}	$Q_{p6} - Q_{o6}$	$\sum_{j=1}^6 (Q_{pj} - Q_{oj})$
7	Q_{p7}	Q_{o7}	$Q_{p7} - Q_{o7}$	$\sum_{j=1}^7 (Q_{pj} - Q_{oj})$
8	Q_{p8}	Q_{o8}	$Q_{p8} - Q_{o8}$	$\sum_{j=1}^8 (Q_{pj} - Q_{oj})$
9	Q_{p9}	Q_{o9}	$Q_{p9} - Q_{o9}$	$\sum_{j=1}^9 (Q_{pj} - Q_{oj})$
10	Q_{p10}	Q_{o10}	$Q_{p10} - Q_{o10}$	$\sum_{j=1}^{10} (Q_{pj} - Q_{oj})$

ak
 $Q_{pi} < \bar{Q}_{\max}$

potom

$Q_{oi} = Q_{pi}$

ak
 $Q_{p1} \geq \bar{Q}_{\max}$

potom

$Q_{oi} = \bar{Q}_{\max}$

Obr. 2.63 Princíp tabuľkového výpočtu potrebného retenčného objemu nádrže



Kontrolné otázky

Čo je možné považovať za základné príčiny vzniku povodne?

Na čo slúži retenčný objem nádrže?

Aké sú z hľadiska možnosti ovládania typy retenčných priestorov?

Aké sú typy bezpečnostných priepadov?

Ako sa vypočíta potrebná veľkosť retenčného priestoru?



3 Suché nádrže (poldre)

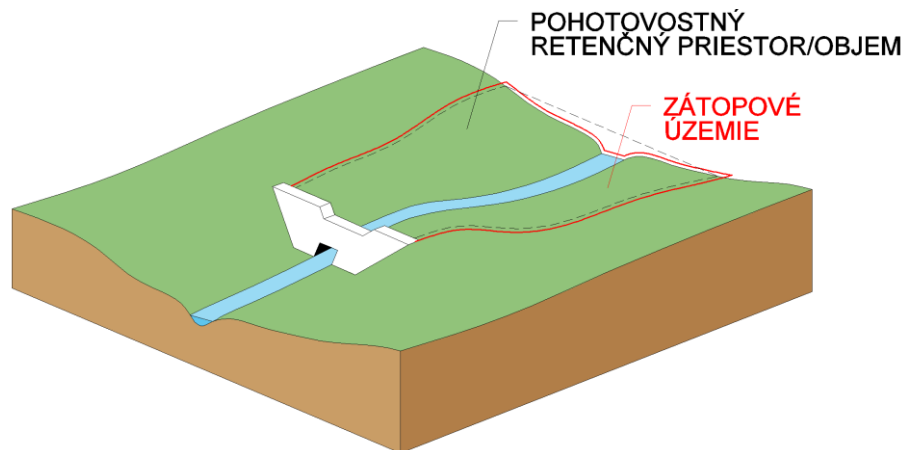
Suchý polder je možné definovať ako jednoúčelový vodohospodársky objekt, ktorý slúži na redukcii (zníženie) povodňových prietokov na prijateľnú hodnotu pomocou krátkodobého zadržania časti objemu z vrcholu povodňovej vlny vo vyhradenom, tzv. pohotovostnom retenčnom priestore (objeme).

Okrem vodných nádrží, ktorých problematika je popísaná v predchádzajúcej kapitole, môže byť vhodným riešením na ochranu miest a obcí, prípadne ďalších významných objektov, pred povodňami, výstavba tzv. **suchých nádrží (poldrov)**.

Suchý polder je možné definovať ako jednoúčelový vodohospodársky objekt, ktorý slúži na redukcii (zníženie) povodňových prietokov na prijateľnú hodnotu pomocou krátkodobého zadržania časti objemu z vrcholu povodňovej vlny vo vyhradenom, tzv. **pohotovostnom retenčnom priestore (objeme)** (Obr. 3.1). Suché nádrže (poldre) sú teda nádrže s výlučne ochranným účinkom. Ich jediným účelom je znížiť povodňové prietoky na prijateľnú mieru, aby v území pod poldrom nedochádzalo k záplavám a nedochádzalo tak k hospodárskym (a iným) stratám.

Suché nádrže, tak ako vodné nádrže, plnia retenčnú (zádržnú) funkciu a znižujú povodňový prietok vo vodnom toku. Rozdiel medzi vodnou nádržou a suchou nádržou je však v tom, že vo vodnej nádrži vždy zostáva minimálne stály objem vody, tzn. hladina v nádrži nemôže klesnúť pod minimálnu prevádzkovú hladinu – Obr. 2.2. Suchá nádrž sa naplní vodou iba počas povodne a v období mimo povodne je suchá (bez vody).

Poldre sú väčšinou situované v odľahlých miestach horných častiach povodí nad územím, ktoré majú ochraňovať, a kvôli svojim parametrom ich väčšinou radíme medzi *malé vodné nádrže*. Ide o špecifické *vodné diela*, ktoré sú zaťažované náhodne, iba počas povodňových udalostí. Obdobie, kedy nenastávajú povodne a kedy nie je potrebné využívať takéto nádrže, môže trvať aj desiatky rokov. Preto doba ich životnosti je veľmi dlhá.



Obr. 3.1 Suchá nádrž (polder)

Zátopové územie Obr. 3.1 je vymedzené územie, kde sa počas povodne akumuluje časť z objemu povodňovej vlny. Keďže zátopové územie je prevažnú dobu nezatopené, je možné ho využívať aj na iné účely (pasienky, poľnohospodársky alebo lesnícky obhospodarované územie, na rekreačné, športové a iné účely), avšak všetky účely musia byť podradené požiadavkám protipovodňovej ochrany územia ležiaceho pod nádržou. Podľa Zákona 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami, keď sa na území s retenčným potenciálom vybuduje polder,

podmienky využívania územia v suchej nádrži upravuje manipulačný poriadok vodnej stavby. Návrh využitia zátopového územia by mal vychádzať zo súčasného využívania územia. Ako najmenej rizikové využívanie priestoru zátopu sa javí trvalé zatrávnenie. V tomto území nesmú byť umiestnené stavby určené na bývanie, rekreačné objekty, výrobné prevádzky a sklady – nič, čo by mohlo ohroziť kvalitu vody. Nesmú sa tam tiež nachádzať ľahko odplaviteľné predmety, ktoré by mohli obmedziť kapacitu výpustných zariadení.

Niektoré suché nádrže však môžu mať v pomere k celkovému objemu zanedbateľný stály objem, ktorý potom plní krajínovú alebo ekologickú funkciu – Obr. 3.6 a Obr. 3.19.

Na Slovensku nie sú v súčasnosti doriešené technicko-právne otázky riešenia protipovodňovej ochrany a tiež návrhy technických podmienok pre projektovanie poldrov a metodický pokyn pre určenie území s retenčným potenciálom ako záplavových území pre potreby sploštenia povodňovej vlny tak, ako je to v okolitých krajinách.

Treba však poznamenať, že väčšinou poldre vzhľadom na svoje parametre nedokážu zabezpečiť úplnú ochranu územia pred vznikom škôd. To si spravidla vyžaduje vybudovanie veľkých nádržných priestorov, čo sa v mnohých prípadoch javí z hospodárskeho hľadiska málo efektívne. Sú však účinným riešením počas prítalových povodní, keďže nevyžadujú obsluhu a zafungujú automaticky, aj keď k povodni príde v relatívne krátkom čase.



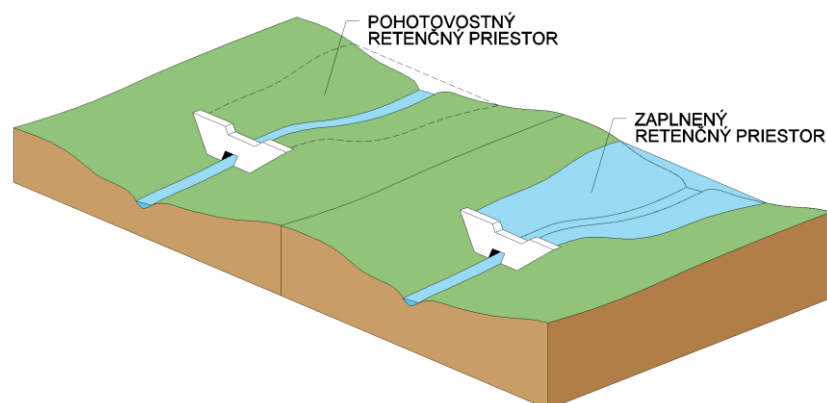
3.1 Rozdelenie poldrov

Podľa vzniku a miesta, resp. vzťahu k toku a prietoku rozdeľujeme poldre na:

- **pretekané,**
- **nepretekané (bočné).**

3.1.1 Pretekané poldre

Pretekané poldre (v staršej lit. tiež označované ako prietočné) sú vybudované priamo na toku. Pohotovostný retenčný priestor vzniká prehradením toku priečnou vzdúvacou stavbou - Obr. 3.2. Počas normálneho vodného stavu nedochádza k vzdutiu hladiny a voda voľne prúdi zvyčajne cez **výpustný otvor**, resp. **dnový výpust** – Obr. 3.5. Počas povodne, po naplnení retenčného priestoru, voda začne samovoľne prepadať cez **bezpečnostný priepad** – Obr. 3.4



Obr. 3.2 Polder – pretekaný

Príkladom pretekaného poldra je polder **Lubica** na Ľubickom potoku na východe Slovenska (Obr. 3.3). Pohotovostný retenčný objem poldra je cca 223 000 m³.



Obr. 3.3 Polder Ľubica – plnenie retenčného priestoru počas povodne (Zdroj: archív autorov)

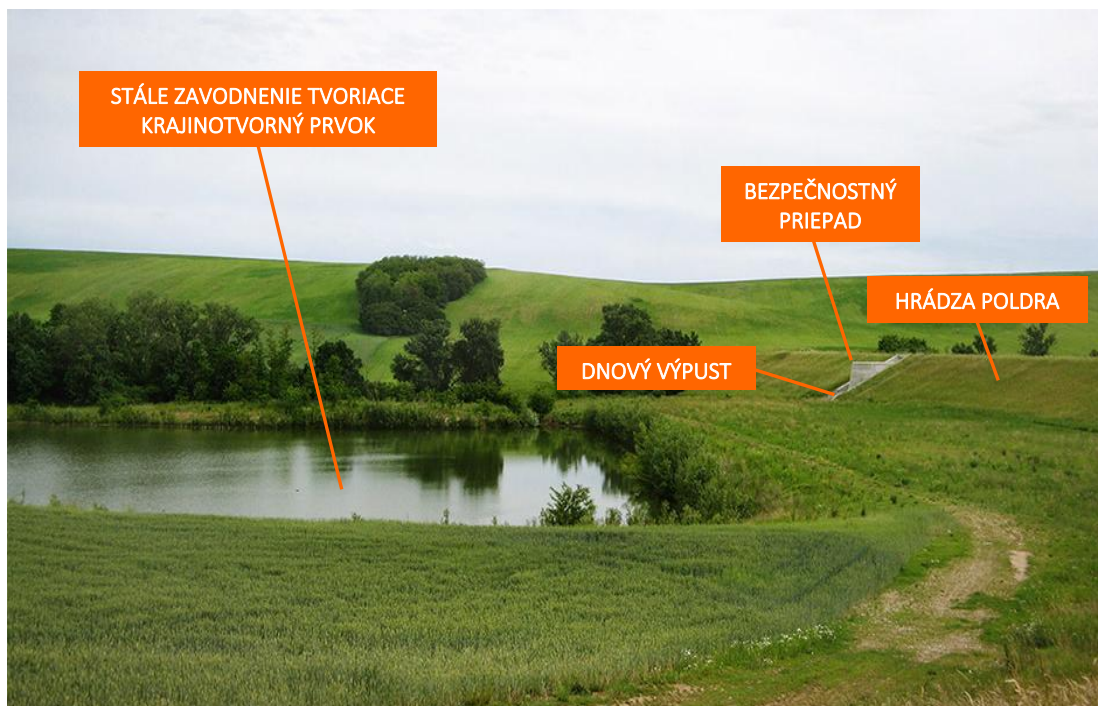


Obr. 3.4 Polder Ľubica – prepúšťanie povodňového prietoku cez bezpečnostný priepad (Zdroj: © M. Kruk)



Obr. 3.5 Polder Ľubica – prepúšťanie bežného prietoku v čase mimo povodne (Zdroj: gabion-consult.sk)

Ďalším príkladom pretekaného poldra je polder **Oreské** na toku Chvojnica na západe Slovenska (Obr. 3.6). Pohotovostný retenčný objem poldra je cca 1 000 000 m³. Polder dokáže zredukovať 100-ročný prietok z hodnoty 21 m³.s⁻¹ na hodnotu 8 m³.s⁻¹.



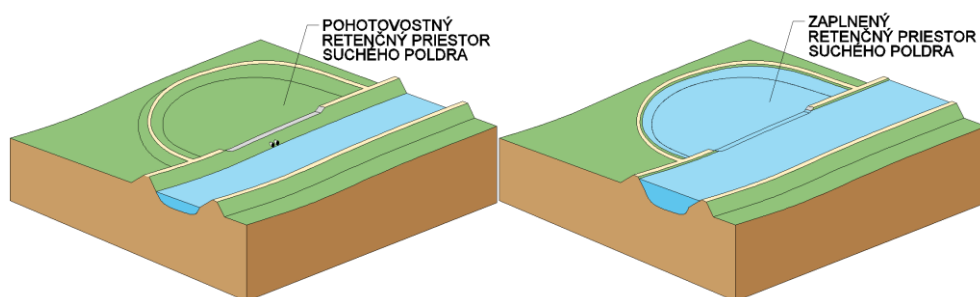
Obr. 3.6 Polder Oreské – prázdny retenčný priestor (Zdroj: vodotika.sk)



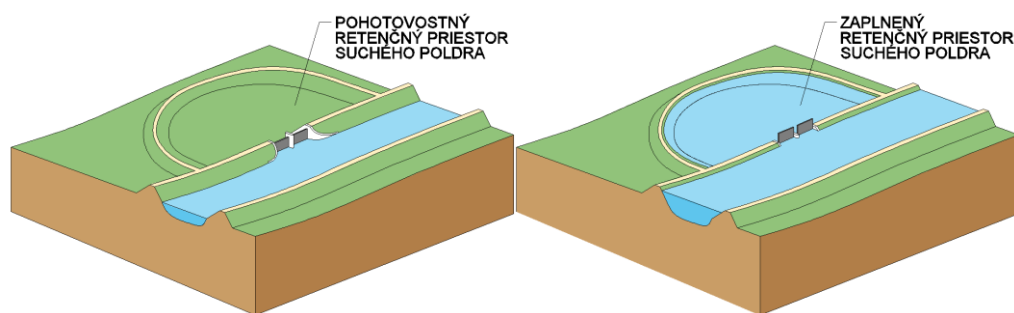
Obr. 3.7 Polder Oreské – naplnený retenčný priestor (Zdroj: vodotika.sk)

3.1.2 Nepretekáné (bočné) poldre

Nepretekáné (bočné) poldre ležia mimo toku. Vznikajú uzavretím časti územia vedľa toku zahradením jednou alebo viacerými hrádzami, hrádza teda oddeľuje tok od nádrže. Počas bežných prietokov je retenčný objem prázdny. Počas povodňových prietokov sa retenčný objem začne plniť buď automaticky po prekročení kritickej hladiny v toku cez bočný priepad – neregulovateľný polder (Obr. 3.8), alebo je ho možné regulovať pomocou uzáverov bočného priepadu – Obr. 3.9.

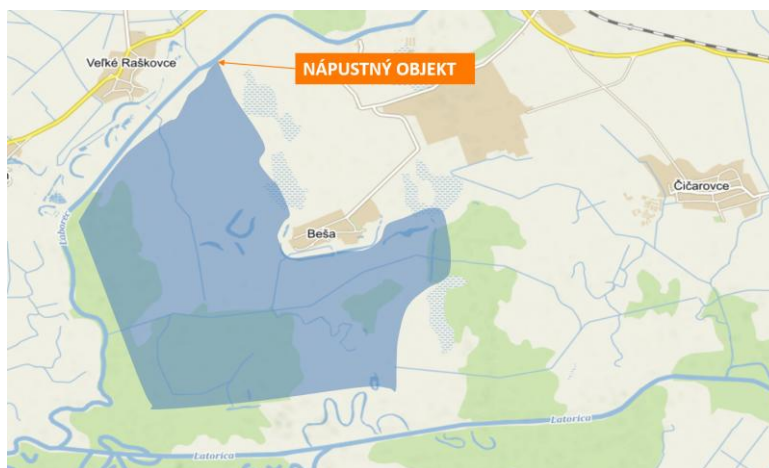


Obr. 3.8 Polder – nepretekáný (bočný) – neregulovateľný



Obr. 3.9 Polder – nepretekáný (bočný) – regulovateľný

Príkladom nepretekáného (bočného) poldra je polder **Beša** na Laborci na východe Slovenska (Obr. 3.10). S objemom 53 mil. m³ a rozlohou 1568 ha je najväčším poldrom v strednej Európe.



Obr. 3.10 Nepretekáný bočný polder Beša na rieke Laborec (Zdroj: © GoogleMaps)



Pri navrhovaní poldra teda hľadáme veľkosť retenčného priestoru a parametre dnového výpustu tak, aby došlo k požadovanému účinku, ktorým je zníženie (transformácia) kulminačného prietoku návrhovej povodne na hodnotu neškodného odtoku pod nádržou.

3.2 Vodohospodárske riešenie poldrov

Pri návrhu suchej nádrže je hlavným návrhovým parametrom **neškodný odtok**. Hodnota neškodného odtoku predstavuje maximálny prietok, ktorý je možné vypúšťať zo suchej nádrže tak, aby to nespôsobilo v území pod nádržou výrazné škody. Môže to byť napr. kapacita koryta pod suchou nádržou.

Hlavným účelom vodohospodárskeho riešenia je **stanovenie veľkosti (objemu) ochranného (retenčného) priestoru** suchej nádrže, **parametrov bezpečnostných a výpustných zariadení** (dnové výpusty, bezpečnostné priepady) a **hrádze**.

Stanovenie objemu retenčného priestoru si vyžaduje vyriešiť transformačný účinok nádrže, resp. retenčného priestoru nádrže V_R tak, ako je to popísané v kap. 2.9.1 – v časti *Výpočet potrebného retenčného objemu vodnej nádrže*. Pri navrhovaní poldra teda hľadáme veľkosť retenčného priestoru a parametre dnového výpustu (Kap. 3.3.1) tak, aby došlo k požadovanému účinku, ktorým je zníženie (transformácia) kulminačného prietoku návrhovej povodne na hodnotu neškodného odtoku pod nádržou. Pri návrhu sa pritom neuvažuje transformácia súvisiaca s prepadom cez bezpečnostný priepad (Kap. 3.3.2). Veľkosť retenčného priestoru vyplýva najmä z morfolologickej charakteristiky územia a môže byť limitovaná zástavbou, prípadne líniovými stavbami a sieťami technického vybavenia, ktoré nie je možné v rámci výstavby rušiť alebo prekladať. Výpočet potrebného retenčného objemu je možné urobiť niekoľkými spôsobmi:

- „klasickou“ graficko-počtárskou metódou podľa Klemeša,
- tabelárnym výpočtom zostaveným napr. v MS Excel – pozri Obr. 2.63,
- využitím existujúcich programov simulujúcich neustálené prúdenie v tokoch (napr. HEC-RAS),
- vlastným (validovaným) programom vo vhodnom programovacom jazyku.

Dôležitými objektami pretekaných poldrov je **dnový výpust** a **bezpečnostný priepad**. Tieto zariadenia sa spravidla navrhujú ako bezobslužné. Nepretekajúce poldre sú spravidla vybavené **nápuštnými objektmi**, ktoré zaisťujú prevedenie povodňových prietokov z toku do priestoru suchej nádrže. Na vypustenie zachytenej vody z priestoru poldra po „opadnutí“ povodne slúžia **výpustné objekty**. Často však býva napúšťanie a vypúšťanie vody do/z poldra zabezpečené jedným združeným objektom.

Pri návrhu bezpečnostných a výpustných zariadení sa volí také konštrukčné riešenie a usporiadanie, ktoré v daných podmienkach zaručí:

- bezpečnú a spoľahlivú prevádzku pri prechode povodní, pokiaľ možno s minimálnymi nárokmi na ľudskú obsluhu,
- účinnú a ľahkú obsluhu a údržbu,
- dlhodobú životnosť a efektívnu prevádzku z hľadiska nárokov na opravy a rekonštrukcie,
- odolnosť voči vonkajším zásahom cudzích osôb (neoprávnená manipulácia, vandalizmus a pod.) tak, aby nedošlo k nežiadúcemu plneniu retenčného priestoru.



*Základnými
stavebnými objektami
suchých poldrov sú
dnový výpust,
bezpečnostný priepad
a hrádza.*

3.3 Stavebné objekty poldrov

Základnými stavebnými objektmi suchých poldrov sú dnový výpust, bezpečnostný priepad a hrádza.

3.3.1 Dnový výpust

Dnový výpust (Obr. 3.5) musí prevádzať bežné prietoky bez vzdúvania vody v retenčnom priestore, umožniť úplné vyprázdnenie nádrže a pri prechode povodne prevádzať do územia pod nádržou neškodný odtok až do dosiahnutia kóty hladiny v nádrži na hrane bezpečnostného priepadu. Pri jeho návrhu musí byť zohľadnený možný prísun hrubých splavenín a navrhnuté opatrenia proti jeho zanášaniu a prípadnému poškodeniu. Zvyčajne sa preto osadzujú hrablice (Obr. 3.11) alebo iné zábrany (Obr. 3.12), ktoré sa navrhujú s ohľadom na očakávaný charakter a množstvo splavenín, ktoré sa do priestoru vtoku do dnového výpustu môžu dostať pri prechode povodne. Technické riešenie hrabíc však nesmie obmedziť funkciu a kapacitu dnového výpustu.



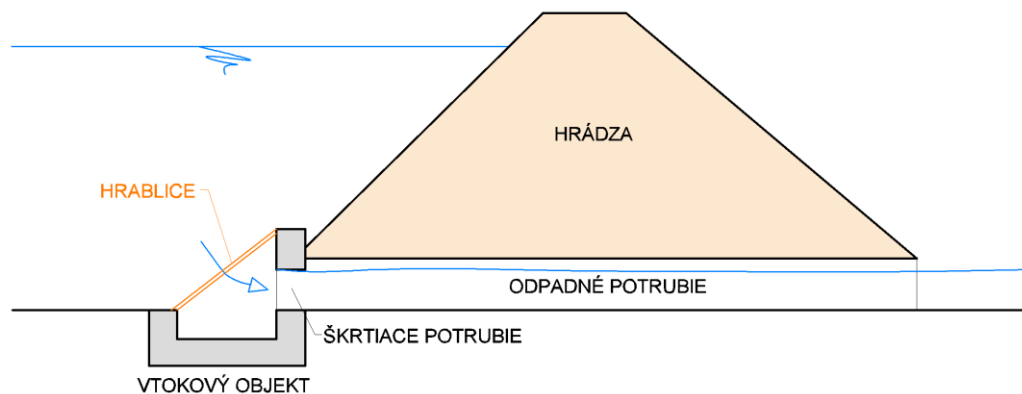
Obr. 3.11 Osadenie hrabíc pred dnovým výpustom suchého poldra na Litíčskom potoku, Trutnov, ČR
(Zdroj: ČVUT)



Obr. 3.12 Osadenie drevených zábran pred dnovým výpustom poldra na Banskom potoku, Rača, Bratislava – pohľad po prúde (Zdroj: archív autorov)

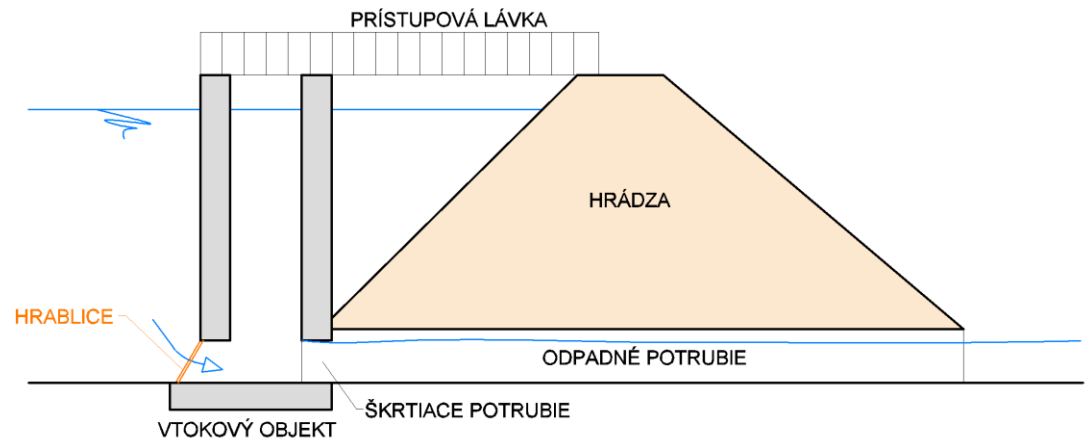
Vo väčšine prípadov je dnový výpust realizovaný ako:

- **ponorený objekt** (Obr. 3.13) s **predsadenými hrablicami**, **škrtiacim otvorom** (zaisťuje neprekročenie neškodného odtoku z nádrže pred dosiahnutím koruny bezpečnostného priepadu a udržanie prúdenia s voľnou hladinou v odpadnom potrubí za vtokovým objektom), a **odpadným potrubím** väčšieho priemeru (min. DN 800 pre zaistenie priechodnosti potrubia v prípade revízií a čistenia) s kapacitou umožňujúcou prúdenie s voľnou hladinou.



Obr. 3.13 Ponorený vtokový objekt dnového výpustu

- **vežový objekt** (Obr. 3.11, Obr. 3.14), príp. iné konštrukčné riešenia.



Obr. 3.14 Vežový vtokový objekt dnového výpustu

Na výtoku z odpadného potrubia dnového výpustu je potrebné zaistiť tlenie energie vytekajúceho prúdu vody napr. zdrsneným sklzom, opevnením toku alebo stavbou vývaru.

Kapacita dnových výpustov musí byť pri maximálnej hladine v poldri menšia ako neškodný odtok. Spravidla sa navrhuje len jeden dnový výpust. Pri nádržiach s objemom väčším ako 1 mil. m³, resp. s výškou hrádze vyššou ako 9 m, alebo pri suchých nádržiach s rizikom upchania vtokov do výpustu splaveninami z povodia, ktoré by znemožnili včasné vyprázdnenie retenčného priestoru, sa navrhujú minimálne dva dnové výpusty alebo dva dnové výpusty v kombinácii s inými opatreniami (prehrádzky, vegetačné pásy, príp. vybudovanie zariadenia na ich zachytávanie na konci vzdutia).

3.3.2 Bezpečnostný priepad

Bezpečnostný priepad predstavuje „poistné“ zariadenie, ktoré slúži na prevedenie vody cez profil hrádze poldra v prípade, že hladina vystúpi nad kótu priepadovej hrany bezpečnostného priepadu (Obr. 3.4). Konštrukčne musia byť navrhnuté a vybudované tak, aby sa zaistila ich trvanlivosť a dlhodobé bezpečné využívanie. Medzi najrozšírenejšia patria bezpečnostné priepady:

- **korunové**, ktoré sa používajú pri výškach hrádží do 5 m (Obr. 3.5, Obr. 3.12 a Obr. 3.15). Korunové priepady môžu za určitých predpokladov plniť rolu núdzového priepadu. Prepadová výška vody cez bezpečnostný priepad býva väčšinou 0,3 až 0,6 m. Pri prepade vody cez bezpečnostný priepad je nutné kinetickú energiu vody tlmiť balvanitým sklzom (Obr. 3.16), prípadne sklzom s rozrážачmi, vývarom.
- **šachtové**, ktoré sa obvykle navrhujú ako nehradený priepad bez hrabíc umiestnených na jeho korune. Prepadová výška vody cez bezpečnostný priepad býva väčšinou 0,3 až 0,6 m. Bezpečnostný priepad sa skladá z **prepadovej časti**, **sklzu** (pri združených funkčných

blokoch z odpadnej chodby) a objektu slúžiaceho na tlmenie kinetickej energie (vývar, zdrsnené koryto). Na Obr. 3.7 je zobrazený príklad šachtového bezpečnostného priepadu poldra Oreské, tzv. „kačací zobák“.



Obr. 3.15 Suchý polder na Líščom potoku, Dečín, ČR (Zdroj: Wikipedia, © Phoenix CZE)



Obr. 3.16 Suchý polder Lipany, Sabinov (Zdroj: VÚVH)

Tzv. *Alpský typ* suchého poldra (Obr. 3.17 a Obr. 3.19) sa s výhodou používa nielen na protipovodňovú ochranu, ale aj na efektívne zachytenie veľkých plávajúcich predmetov, kmeňov atď.



Obr. 3.17 Tzv. Alpský typ suchého poldra – pohľad proti prúdu, Rakúsko (Zdroj: ©Adam Mikulaj)



Obr. 3.18 Tzv. Alpský typ suchého poldra – pohľad po prúde, Rakúsko (Zdroj: © Adam Mikulaj)

3.3.3 Hrádza

Hrádze sa budujú vo väčšine prípadov ako sypané z miestnych materiálov, aby spĺňali požiadavky ľahkej dostupnosti potrebných materiálov v blízkosti stavby. Vhodnou zeminou pre homogénne hrádze alebo pre tesniace časti nehomogénnych hrádzí sú ílovopieskovité a hlinitopieskovité zeminy. Nepoužiteľné sú čisté piesky alebo štrkopiesky, ktoré sú priepustné, a tiež íly, ktoré v mokrom stave nabobtnajú a v suchom praskajú. Na stavbu stabilizačných častí nehomogénnych hrádzí je vhodné použiť štrkovité a štrkopieskovité zeminy. Podľa miestnych podmienok a dostupnosti konštrukčných materiálov je možné navrhnuť aj iné typy hrádzí, napr. betónové (Obr. 3.17), kamenné (Obr. 3.12 a Obr. 3.15), gabiónové konštrukcie (Obr. 3.5), kombinované a iné.



Obr. 3.19 Sypaná hrádza suchého poldra Jelení vysoká 16 m, Karlovice, ČR (Zdroj: pohl.cz)



Kontrolné otázky

Aký je účel výstavby poldra?

Aké sú základné typy poldrov z pohľadu koncepcie riešenia?

Čo je základnou úlohou vodohospodárskeho riešenia suchého poldra?

Aké sú základné stavebné objekty suchých poldrov a akú majú funkciu?



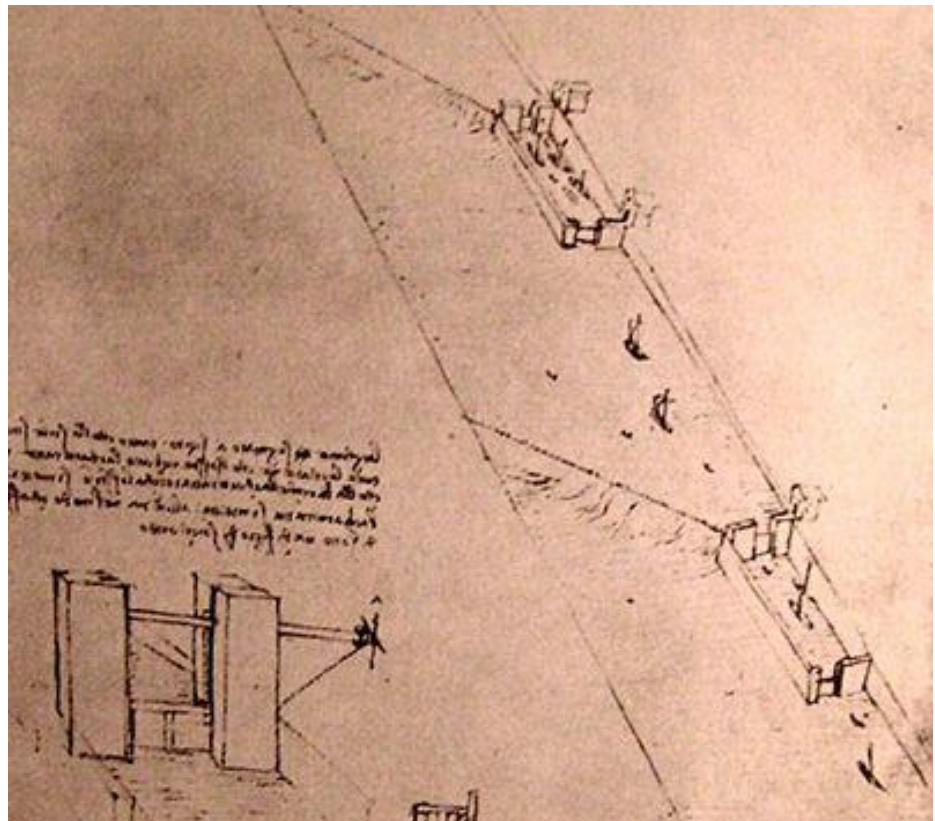
4 Hate

Vzdúvadlá sú stavby vybudované naprieč korytom vodného toku, resp. naprieč celým údolím, ktoré trvalo alebo dočasne zvyšujú (vzdúvajú) hladinu vody v toku, a to pre rôzne vodohospodárske účely.

Najrozšírenejšími vodnými stavbami budovanými na vodných tokoch sú vzdúvacie stavby – vzdúvadlá. Medzi vzdúvadlá patria *hate* a *priehrady*. Vzdúvadlá sú stavby, vybudované naprieč korytom vodného toku, resp. naprieč celým údolím, ktoré trvalo alebo dočasne zvyšujú (vzdúvajú) hladinu vody v toku na požadovanú úroveň (**najmä pri nízkych prietokoch**) tak, aby bolo možné zabezpečiť rôzne vodohospodárske potreby (napr. odbery pre zásobovanie priemyslu, miest a obcí, závlahy, plavba, hydroenergetika). Vzdúvadlá musia umožňovať nielen bezpečné prepúšťanie veľkých vôd (a v osobitných prípadoch aj ľadov a splavenín), ale spravidla aj ovládať (regulovať) prietoky.

Tak ako je uvedené na začiatku Kap. 2, najstaršie civilizácie vznikli pri riekach, ktoré využívali na lov rýb, plavbu, odber vody pre zásobovanie obyvateľstva a na zavlažovanie pozemkov. Primitívnymi čerpadlami však bolo možné získať iba malé množstvá vody. Pre väčšie odbery bolo nutné zvýšiť hladinu tokov vzdúvacími stavbami, napr. priehradami alebo haťami.

Výrazným impulzom pre budovanie hatí bolo kanalizačné splavňovanie tokov a stavba prieplavov po vynájdení plavebnej komory v 15. storočí (Obr. 4.1).



Obr. 4.1 Kresba Leonarda Da Vinciho s vyobrazením sústavy pevných hatí a plavebných komôr
(Zdroj: leonardo-da-vinci.net)

Zdokonalenie hutníctva a strojárstva v období po roku 1800 umožnilo kvalitatívnu zmenu výstavby hatí vynálezom rôznych systémov pohyblivých uzáverov haťových polí, ktoré umožňovali ich zahradenie pri malých prietokoch a ich čiastočné alebo úplné vyhradenie pri veľkých vodách tak, aby sa prietočný profil toku uvoľnil.

Zdokonaľovaním konštrukcií vodných turbín a generátorov aj prenosu elektrickej energie na veľké vzdialenosti koncom 19. a začiatkom 20. storočia sa urýchlil vývoj nových typov haťových uzáverov, ktoré sú prakticky vodotesné a ľahko sa ovládajú.

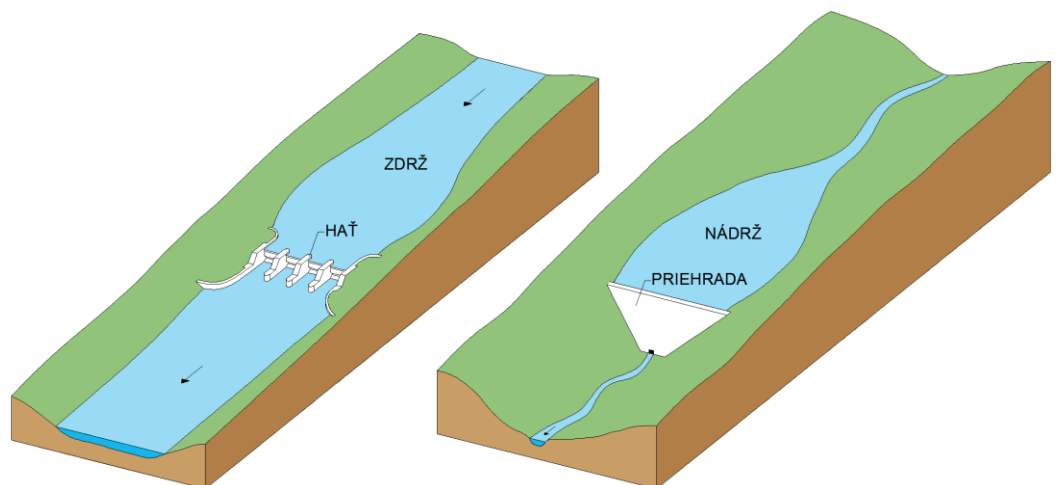


Stanovenie rozdielu medzi haťou a priehradou je pomerne zložité, pretože rozdiely medzi haťou a priehradou nie sú striktne určené číselnými hodnotami parametrov. Na základe nasledujúcich rozlišovacích kritérií však možno rozdiely identifikovať.

4.1 Rozdiel medzi haťou a priehradou

Stanovenie rozdielu medzi haťou a priehradou je pomerne zložité, pretože rozdiely medzi haťou a priehradou nie sú striktne určené konkrétnymi číselnými hodnotami parametrov. Na základe nasledujúcich rozlišovacích kritérií však možno rozdiely identifikovať.

- Hladina hornej vody nad haťou sa obyčajne udržiava na stálej úrovni. Rozkryv hladiny v nádržiach priehrad je väčší (rádovo metre až desiatky metrov).
- Objem haťových nádrží tzv. **zdrží** je relatívne malý. Priehrady vytvárajú **nádrže** veľkého objemu dostatočného na dlhodobé hospodárenie s vodou (veľkosť objemu vody, ktorá do nádrže vtečie a veľkosť objemu vody, ktorá cez priehradu z nádrže vytečie sa vyrovná v období rádovo týždňa až rokov).
- Výška hatí je vo väčšine prípadov max. 12 – 15 m. Priehrady sú spravidla vyššie.
- Hate sú upravené na prepúšťanie vody po celej svojej dĺžke, pričom dĺžka ich prepádovej hrany je približne rovná šírke koryta toku (Obr. 4.1 a Obr. 4.2). Priehrady majú na prepúšťanie prietoku upravenú len časť svojej konštrukcie (spodné výpusty, priepady) – (Obr. 4.1, Obr. 4.3).
- Povodňové vlny sú v prípade hatí a nimi vytvorených zdrží prepúšťané prakticky bez ovplyvnenia. V prípade priehrad a nimi vytvorených nádrží sú povodňové vlny prostredníctvom objemu nádrže transformované, to znamená, že sú redukované hodnoty maximálnych (kulminačných) prietokov na prietoky, ktoré je možné bezpečne previesť korytom pod priehradou.



Obr. 4.1 Hať so zdržou a priehrada s nádržou



Obr. 4.2 Hať Bремен na rieke Weser, Nemecko (Zdroj: wikipedia.org)



Obr. 4.3 Priehrada Edamalayar na rieke Pampa, India (Zdroj: keralakaumudi.com)

Z uvedeného je zrejmé, že rozdiel medzi haťou a priehradou je nie len kvantitatívny, ale predovšetkým kvalitatívny. Z tohto vyplývajú rozdielne konštrukčné riešenia a prevádzkové

opatrenia pre oba typy vzdúvacích stavieb, ktoré však majú aj mnoho spoločného, napr. podobné uzávery priepadov, zariadenia na tlmenie prebytočnej energie vody a pod.

V ďalšom texte je uvedený stručný prehľad o problematike hatí.



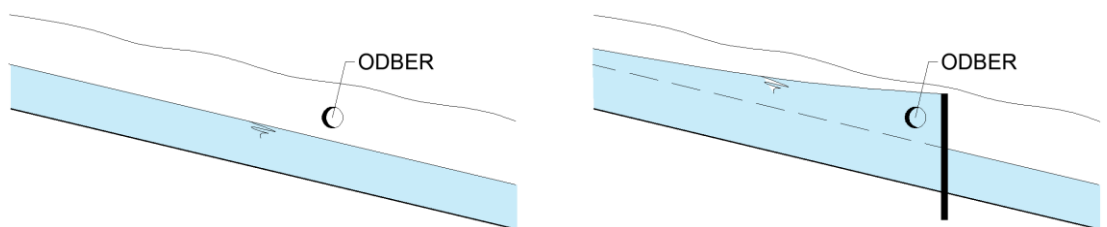
Dôvodom výstavby hatí je nedostatočná hĺbka vody v koryte vodného toku, resp. veľká rozkolísanosť prietokov, a tým aj hladín v priebehu roku.

4.2 Účel hate

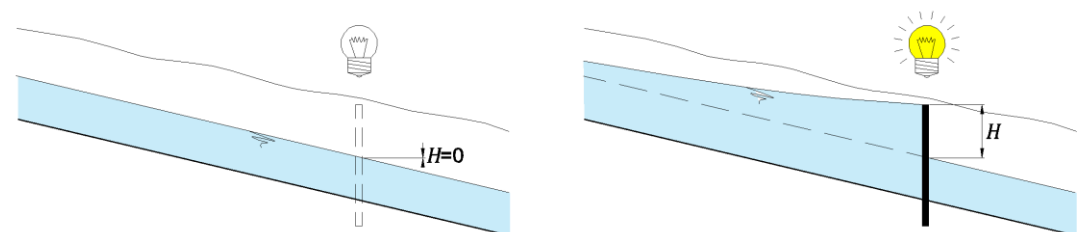
Dôvodom výstavby hate je nedostatočná hĺbka vody v koryte vodného toku, resp. veľká rozkolísanosť prietokov, a tým aj hladín v priebehu roku.

Hladina sa vzdúva haťou:

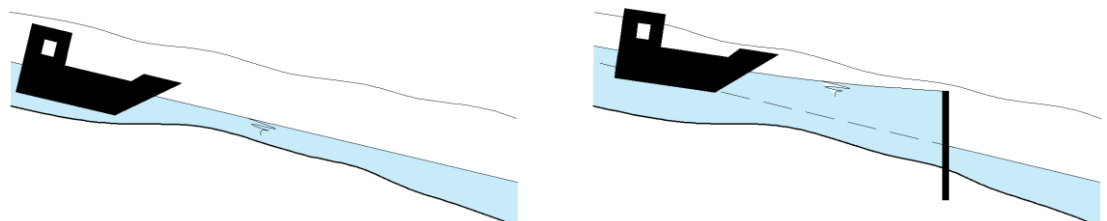
- a) na dosiahnutie dostatočnej výšky a hĺbky v mieste odberu vody z toku,



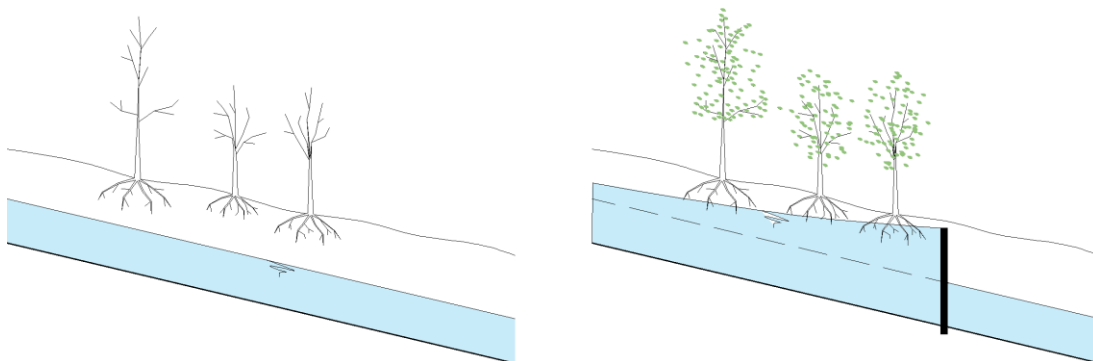
- b) na získanie výškového rozdielu nad haťou a pod ňou pre využitie vodnej energie,



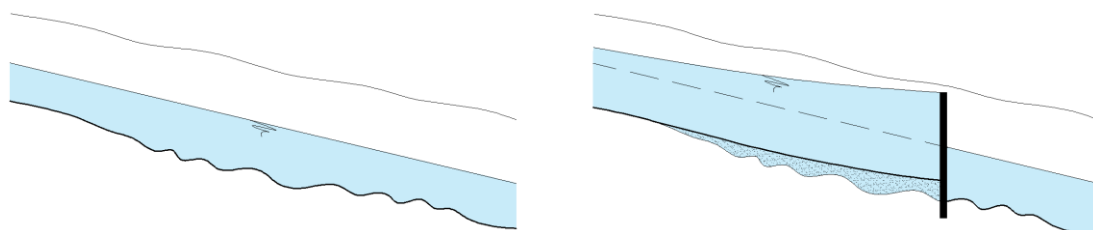
- c) na dosiahnutie potrebných plavebných hĺbok pri nízkych prietokoch,



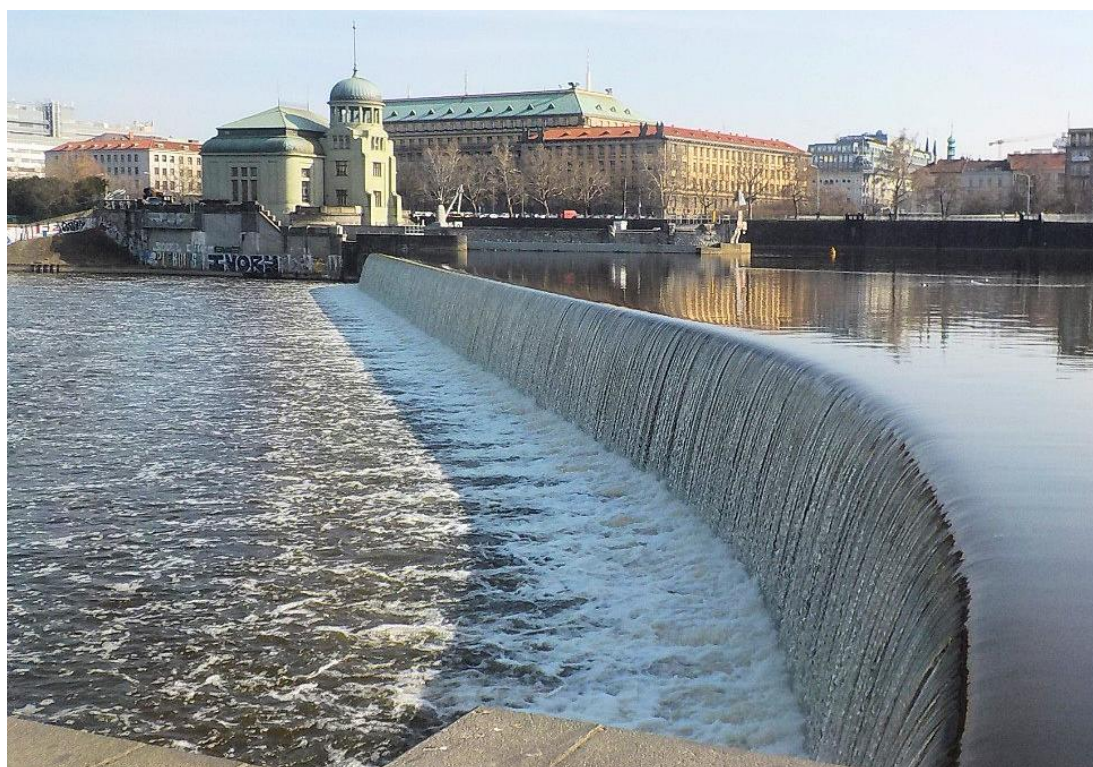
- d) na zvýšenie hladiny podzemných vôd v priľahlom území,



e) na zmiernenie rýchlosti prúdenia a na ochranu dna a brehov pred vymieľaním,



f) na zvýšenie estetického účinku vzdutej vodnej hladiny najmä v urbanizovanom území (Obr. 4.4), resp. na vytvorenie podmienok pre oddychové aktivity (Obr. 4.5 a Obr. 4.6).



Obr. 4.4 Helmovský jez (hať), Praha, ČR (Zdroj: rieky.sk)

*Efektívny návrh hate
spravidla vyhovuje
súčasne viacerým
účelom.*



Obr. 4.5 Hať Pulteney, Bath, Anglicko (Zdroj: © Robert Lamb)



Obr. 4.6 Prírodné kúpalisko Warleigh, Veľká Británia (Zdroj: © IanRedding / Shutterstock.com)

Efektívny návrh hate spravidla vyhovuje súčasne viacerým z vyššie uvedených účelov.



4.3 Rozdelenie hatí

Hate môžeme deliť na základe rôznych kritérií, a to podľa:

Hate môžeme deliť podľa konštrukčného riešenia, prevažujúceho materiálu telesa hate podľa pôdorysného tvaru koruny priepadu a podľa typu pohyblivého uzáveru.

Pevné hate vodu len vzdúvajú; nie sú schopné regulovať prietok – prítok do priestoru nad haťou sa rovná odtoku z profilu hate do úseku toku pod haťou.

- konštrukčného riešenia na:
 - **pevné** (Kap. 4.6),
 - **pohyblivé** (Kap. 4.7).
- prevažujúceho materiálu telesa hate na napr.:
 - **drevené** (Kap. 4.6.1),
 - **kamenné** (Kap. 4.6.2),
 - **murované** (Kap. 4.6.2),
 - **betónové** (Kap. 4.6.3),
 - **železobetónové** (Kap. 4.7).
- podľa pôdorysného tvaru koruny priepadu (pozri Kap. 4.6) na:
 - **priame kolmé,**
 - **priame šikmé,**
 - **oblúkové,**
 - **zalomené.**
- podľa typu pohyblivého uzáveru na napr.:
 - **stavidlové** (Kap. 4.7.1),
 - **klapkové** (Kap. 4.7.2),
 - **segmentové** (Kap. 4.7.3),
 - **vakové** (Kap. 4.7.4).

Základným hľadiskom pre delenie hatí je ich konštrukčné riešenie vo vzťahu k možnosti regulovať hladinu nad haťou (t. j. či manipuláciou s prietokom pretekajúcim cez hať je možné ovplyvňovať výšku hladiny na haťou), podľa ktorého môžeme rozdeliť hate do dvoch základných skupín, a to na hate *pevné* a *pohyblivé*.

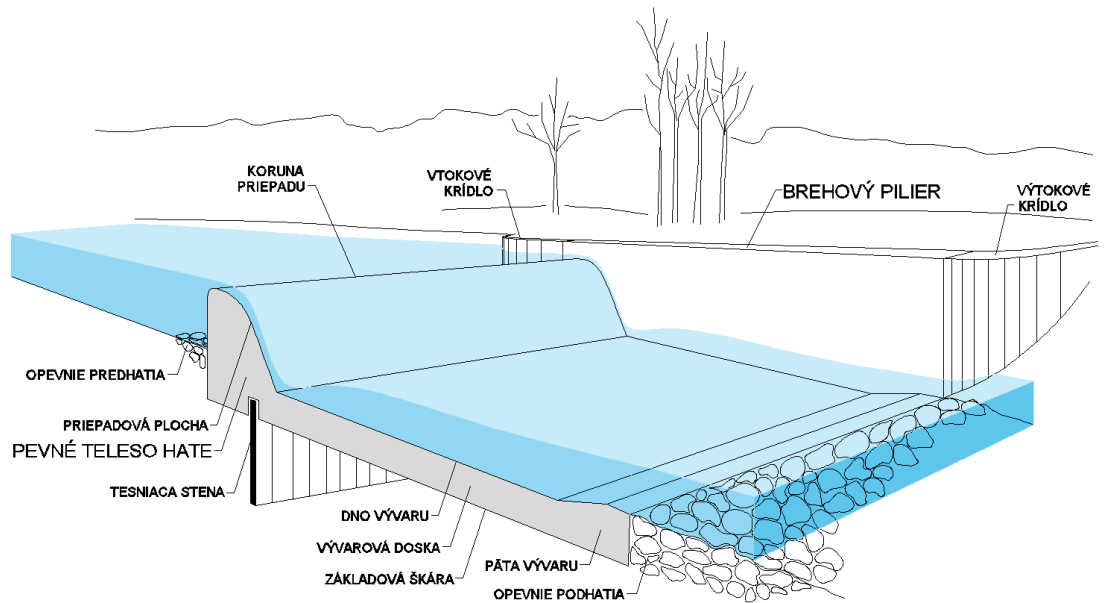
Pevné hate sa využívajú pri úpravách horských tokov, kde je nutné zmenšiť a stabilizovať pozdĺžny sklon, alebo na menších riekach s vysokými brehmi, kde nevadí veľká rozkolísanosť hladín.

Pevná hať vzdúva vodu v toku pevným nepohyblivým haťovým telesom vytvoreným väčšinou z dreva, kameňa, muriva, betónu alebo železobetónu, ktoré nemá žiadne pohyblivé konštrukcie. Nie sú schopné regulovať prietok, to znamená, že okamžitý prítok v profile hate sa rovná okamžitému odtoku.

Nevýhodou pevných hatí je to, že konštrukcia pevnej hate nepriaznivo ovplyvňuje predovšetkým pohyb ľadu a splavenín. Splaveniny unášané vodným prúdom, vplyvom zmenšujúcich sa rýchlostí, obvykle zanesú celú zdrž nad haťou až po korunu priepadu, čo má za následok zhoršenie prietokových pomerov v koryte vodného toku.

Pevné hate sa však s výhodou uplatňujú napr. pri využívaní a úpravách horských tokov na stabilizáciu pozdĺžneho sklonu toku nad haťou na menších riekach s vysokými brehmi, kde neprekáža veľká rozkolísanosť hladín.

Výhodou pevných hatí sú aj pomerne nízke stavebné a udržiavacie náklady a hlavne automatická funkcia bez akejkoľvek obsluhy. Bližšie je problematika pevných hatí popísaná v Kap. 4.6.

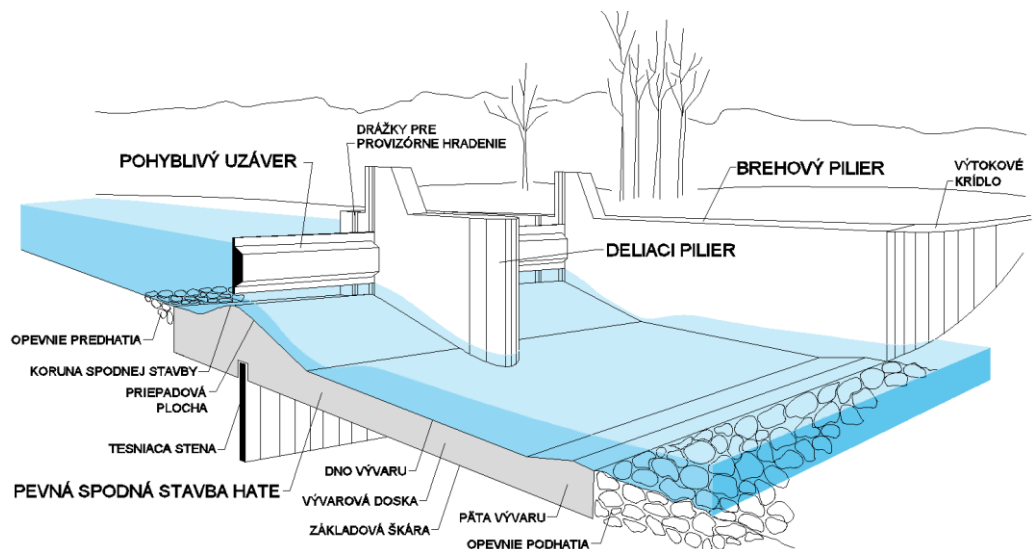


Obr. 4.7 Pevná hať – priestorová schéma

Pohyblivé hate sú schopné regulovať prietok pohyblivými uzávermi hradiacimi prietochné plochy umiestnené v telese hate.

Pohyblivá hať vzdúva vodu v toku **pohyblivými hradiacimi uzávermi** (Kap. 4.7), ktoré dosadajú alebo sú uložené na pevnú spodnú stavbu hate (Kap. 4.8.1). S pohyblivými uzávermi je možné podľa potreby manipulovať (t. j. zdvíhať ich, spúšťať, sklápať, resp. otáčať), čím sa reguluje veľkosť plochy, cez ktorú preteká voda tak, aby sa hladina vzdutej vody v zdrži nad haťou udržiavala na požadovanej, spravidla na konštantnej úrovni. Bližšie je problematika pevných pohyblivých hradiacich uzáverov popísaná v Kap. 4.7.

Pohyblivé hate sa s výhodou používajú najmä na tokoch v rovinatom území s nižšími brehmi.



Obr. 4.8 Pohyblivá hať (typ uzáveru: zdvižné stavidlo) – priestorová schéma

V niektorých prípadoch je možné riešiť hať ako typovo **zmiešanú**, tzn., že časť hate je pevná a časť pohyblivá (Obr. 4.18). V takomto prípade vzdutá hladina pri zmenách prietoku nekolíše v takom veľkom rozmedzí, ako pri výlučne pevných hatiach.



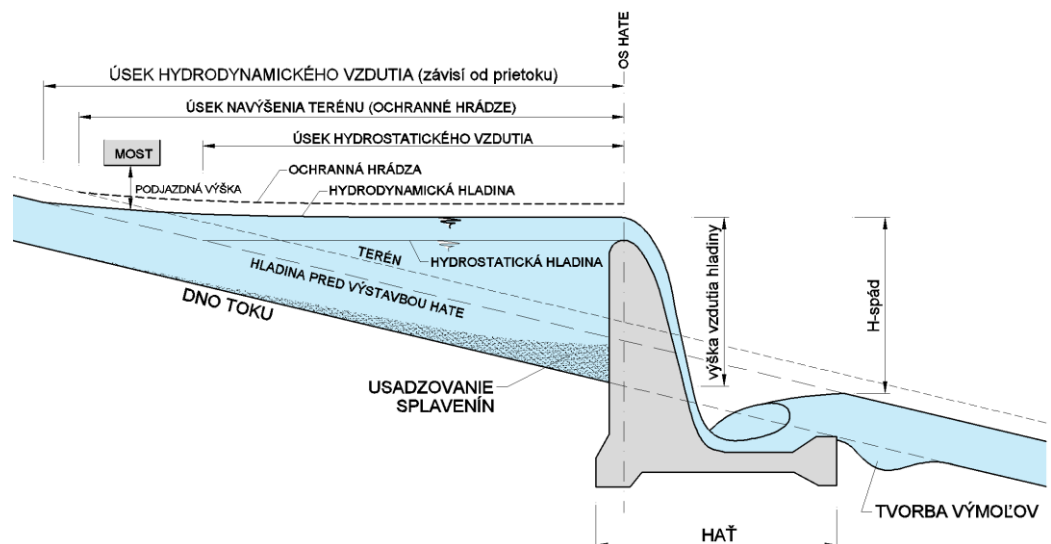
Výstavbou hate sa vytvorí vzdutie, ktoré v porovnaní so stavom pred výstavbou zmení hladinový režim vodného toku.

4.4 Účinky (vplyv) hate na vodný tok a okolie

Výstavbou hate sa **vytvorí vzdutie**, ktoré v porovnaní so stavom pred výstavbou **zmení hladinový režim vodného toku**. Vzdutie spôsobí v úseku vzdutia nad haťou aj **zníženie rýchlostí prúdenia** vody. Pohyblivé hate môžu pohybom uzáverov **meniť aj prietok** cez profil hate.

Zmeny hladinového a prietokového režimu môžu byť z rôznych hľadísk **pozitívne** alebo **negatívne**, resp. môžu byť **neutrálneho** charakteru. Rozsah a intenzita týchto zmien závisia od miestnych podmienok, parametrov hate a jej prevádzky (resp. iných hydrotechnických objektov, ak je vodná stavba viacúčelová).

Priamym dôsledkom vzdutia vody haťou je zmena polohy hladiny na určitom úseku toku a vytvorenie rozdielu výškových polôh hladín nad a pod haťou. Tento rozdiel hladín je **spád** (označenie H). Úsek toku nad haťou (proti smeru prúdenia vody), v ktorom sa prejavuje vplyv vzdutia zmenou polohy hladiny, sa nazýva **úsek vzdutia** (Obr. 4.9).



Obr. 4.9 Zmena hladinového a splaveninového režimu po prehradení toku haťou

O výške **vzdutia hladiny** (t. j. zvýšenia hladiny po výstavbe oproti pôvodnej hladine pred výstavbou) rozhoduje najmä účel, ktorý má hať plniť. Napr.:

- v prípade, že sa hať buduje na zmiernenie rýchlostí prúdenia a na ochranu dna a brehov pred vymieľaním, je rozhodujúcim faktorom vytvoriť haťou také vzdutie, pri ktorom rýchlosti nad haťou klesnú pod hodnotu unášacích rýchlostí,
- v prípade, že sa hať buduje na dosiahnutie dostatočnej výšky a hĺbky v mieste odberu vody, je rozhodujúcim faktorom výšková úroveň odberov,
- v prípade, že sa hať buduje s cieľom využiť vodnú energiu na výrobu elektrickej energie, je rozhodujúcim faktorom snaha získania čo najväčšieho výškového rozdielu hladín nad a pod haťou.

Pre stanovenie vzdutia hladiny je nutné vypočítať priebehy vzdutých (**hydrodynamických**) hladín, tzv. **kriviek vzdutia**, pre rôzne kombinácie prietokov a spôsobov manipulácie s uzávermi na hati tak, aby sa našiel čo „najnepriaznivejší stav“ s ohľadom na:

Vzhľadom na to, že výška vzdutia hladiny nad haťou je rozhodujúci faktor ovplyvňujúci výrazne celé územie, jej stanovenie si vyžaduje prerokovanie so všetkými účastníkmi stavebného konania.

- výšku ochranných hrádzí,
- prietokové pomery v mostných profiloch,
- výškovú úroveň výtokov,
- podjazdné výšky mostov na splavnených tokoch,
- ovplyvnenie úrovne podzemnej vody v príhlom území,
- ovplyvnenie dolnej hladiny vyššie položeného vodného diela, resp. vodných diel.

Vzhľadom na to, že **výška vzdutia hladiny** (t. j. zvislá vzdialenosť od vzdutej hladiny po dno koryta v profile hate) je rozhodujúci faktor ovplyvňujúci výrazne celé územie, jej stanovenie býva veľmi náročnou úlohou vyžadujúcou si prerokovania za účasti nielen projektanta a všetkých inštitúcií, ktoré výstavbu hate požadujú, ale aj za účasti inštitúcií alebo jednotlivcov, ktorých záujmy by mohli byť haťou dotknuté.

Výstavbou hate na vodnom toku ovplyvňujeme:

• **Hydraulický režim a režim podzemných vôd.** Hať vzdúva hladinu v toku vždy za menších prietokov a obvykle aj pri stredných a veľkých vodách. V mnohých prípadoch býva hladina nad haťou vzdutá nad úroveň koryta a najmä v nížinných úsekoch musia byť vytvorené umelé brehy nasypáním ochranných hrádží, prípadne musia byť navýšené už existujúce ochranné hrádze (Obr. 4.9). Pretože hladina podzemných vôd vždy súvisí s polohou hladiny v toku, dochádza k zvýšeniu úrovne hladiny podzemných vôd v príhlom území, čo môže byť užitočné, ale môže to viesť aj napr. k zamokreniu pôdy, čo má nepriaznivý vplyv na poľnohospodársku výrobu, resp. na výstavbu občianskych alebo priemyselných objektov.

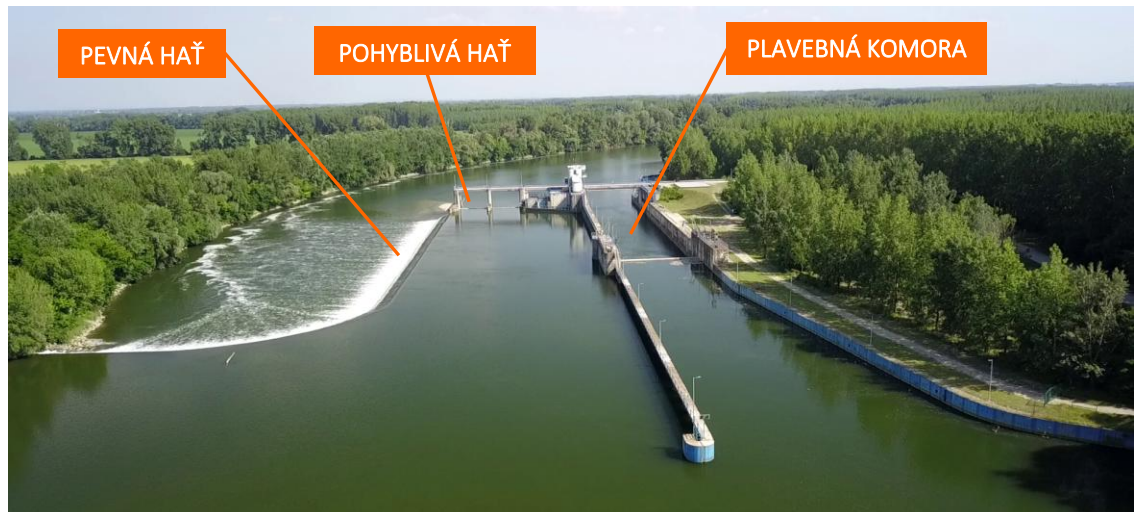
Vplyvom vzdutia dochádza v úseku nad haťou k zmenšovaniu rýchlosti prúdiacej vody, čo má za následok obmedzenie unášacej schopnosti toku a následné usadzovanie transportovaného materiálu v úseku vzdutia.

• **Pohyb splavenín vo vodnom toku.** Vplyvom vzdutia dochádza v úseku nad haťou k zmenšovaniu rýchlosti prúdiacej vody, čo má za následok obmedzenie unášacej schopnosti toku a následné usadzovanie transportovaného materiálu v úseku vzdutia. Rýchlosť prúdenia postupne od konca vzdutia po hať klesá s nárastom plochy priečných profilov. Preto sa obvyčajne na konci vzdutia usadia zrná väčšie a pred profilom vzdúvadla je usadený jemný materiál. Pod haťou však schopnosť vody erodovať koryto narastie.



Obr. 4.10 Nánosy sedimentov v zdrži VD Krpelany (Zdroj: slovenskyrybar.sk/)

- **Pohyb ľadu.** Pri zmenšenej rýchlosti v zdrži voda zamŕza skôr ako v úsekoch nevzdutých a tiež ľadová celina tu dosahuje väčšiu hrúbku bez toho, aby hladinu toku príliš vzdúvala.
- **Plavebné podmienky.** Výstavbou hate naprieč tokom vzniká na splavnom toku prekážka, a preto je potrebné vedľa hate vybudovať aj plavebnú komoru, resp. sklz pre športové plavidlá alebo iný funkčný objekt, ktorý umožní plavidlám prekonať vzniknutý výškový rozdiel hladín.



Obr. 4. 11 Vodné dielo Selice na rieke Váh (Zdroj: trnovecnadvahom.sk)

Výber najvhodnejšieho typu rybieho priechodu závisí od zloženia ichtyofauny toku, charakteru toku, ako aj od technických možností.

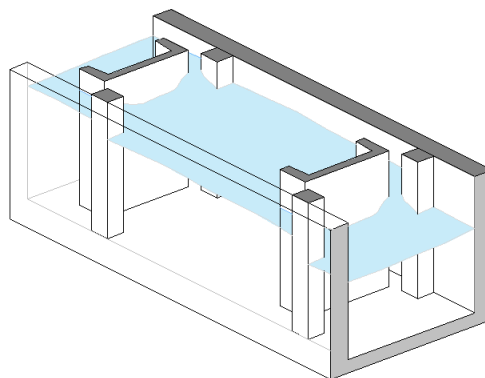
- **Migrácia rýb a iných živočíchov.** Vzhľadom na to, že hať predstavuje pre migrujúce druhy rýb a iné živočíchy bariéru, je potrebné pre nich vytvoriť podmienky pre protiprúdne i poprúdne prekonanie spádu. Tieto podmienky zabezpečujú tzv. **rybovody**, resp. rybie priechody. Sú to objekty umiestnené na alebo vedľa hate tak, aby pomáhali prirodzenej migrácii ichtyofauny. Výber najvhodnejšieho typu rybovodu závisí od zloženia ichtyofauny toku (druhového spektra rýb – iné požiadavky musia spĺňať pre napr. pstruhovité ryby a iné pre kaprovité), charakteru toku, ako aj od technických možností.



Obr. 4.12 Obtoková bystrina (biokoridor) MVE Bulhary na rieke Dyje, ČR ((Zdroj: renoenergie.cz)

Keďže rôzne druhy rýb nepreferujú v toku rovnaké stanovišťa, je ideálne vytvoriť v rybovode variabilné podmienky, čo umožňujú najmä prírode blízke typy rybovodov. Medzi takéto typy rybovodov patrí napr. *obtoková bystrina (biokoridor)*. Svojím riešením umožňuje migráciu celej vodnej fauny a súčasne vytvára životný priestor pre reofilné druhy. Väčšinou sa rieši ako obchvat vodného diela (Obr. 4.12).

Vo výnimočných prípadoch, napr. v prípade veľkých pohyblivých hatí alebo priehrad s neriešiteľným umiestnením prírode blízkeho rybovodu, je možné navrhnuť aj technický typ rybovodu. V zmysle [10] je z technických rybovodov v našich podmienkach vhodný jedine štrbinový rybovod (Obr. 4.13 a Obr. 4.14).



Obr. 4.13 Príklady riešenia technických rybovodov – štrbinový



Obr. 4.14 Pohyblivá hať Windischgarsten s vnútrokorytovým štrbinovým rybovodom, Rakúsko
(Zdroj: wild-metal.com)

Na zmenu teplotného režimu, chemických a biologických vlastností vody má vplyv najmä pokles rýchlosti prúdenia vody v zdrži nad haťou.

K zhoršeniu kvality vody v zdrži dochádza najmä na znečistených vodných tokoch. Na tokoch s čistou vodou nedochádza v zdržiach ku kritickému zhoršeniu kvality vody.



Sústredeniu vodohospodárskych objektov na jednom mieste, tvoriacich jeden celok po stavebnej aj prevádzkovej stránke, hovoríme vodné dielo.

• **Teplotný režim, chemické a biologické vlastnosti vody.** Na zmenu teplotného režimu, chemických a biologických vlastností vody má vplyv najmä pokles rýchlosti prúdenia vody v zdrži nad haťou. V teplejších obdobiach dochádza najmä v plytkých zdržiach k zohriatiu vody, dôsledkom čoho sa môžu urýchliť biologické, resp. chemické zmeny látok obsiahnutých vo vode, napr. *pokles obsahu kyslíka*. To môže mať za následok až zhoršenie podmienok života vodných živočíchov. Zmene kvality vody v zdrži treba venovať pozornosť najmä v prípade, že zo zdrže sa voda infiltruje do podložia a ovplyvňuje kvalitu podzemnej vody – zdroja pitnej vody. Kyslíkový režim sa spravidla následne zlepšuje prevzdušením pri prepade cez haťové polia. Pozitívnu stránkou poklesu unášacích rýchlostí prúdenia vody v zdržiach je usadzovanie biologicky závadných látok zachytených na splaveninách a plaveninách, ktoré je možné potom z toku ľahšie odstrániť.

Dôležité je upozorniť, že k zhoršeniu kvality vody v zdrži dochádza najmä na znečistených vodných tokoch. Na tokoch s čistou vodou nedochádza v zdržiach ku kritickému zhoršeniu kvality vody.

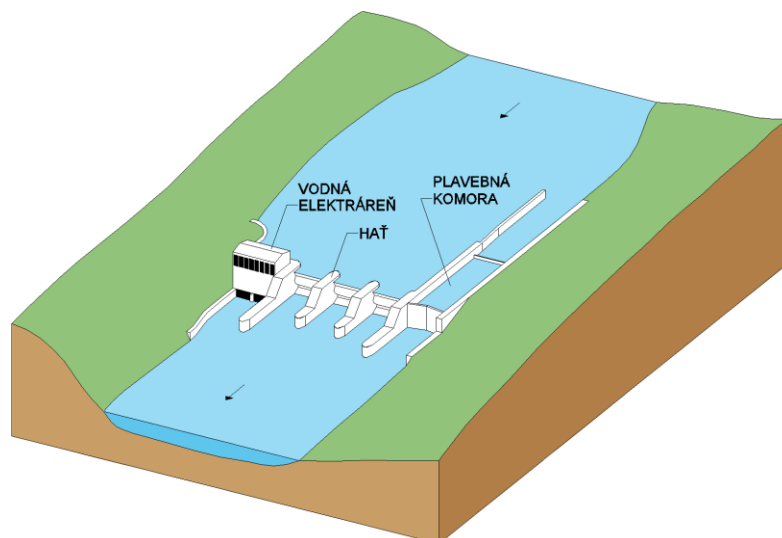
4.5 Konceptné a dispozičné riešenie hatí

Hate sa budujú aj ako samostatné objekty (napr. pri úpravách tokov a menších riek, kde treba postupným usadzovaním splavenín nad haťou zmierniť, a tým stabilizovať sklon dna), ale väčšinou sa do riečneho profilu umiestňujú aj ďalšie objekty s cieľom zaistiť rôzne aj iné účely, napr. vodná elektráreň (VE), plavebná komora (PLK), prípadne iné odberné objekty, štrkový priepust, rybovod a pod. Takému sústredeniu vodohospodárskych objektov na jednom mieste, tvoriacich jeden celok po stavebnej aj prevádzkovej stránke, hovoríme **vodné dielo**.

Medzi základné schémy konceptného riešenia vodného diela patrí:

- **riečna schéma,**
- **derivačná schéma.**

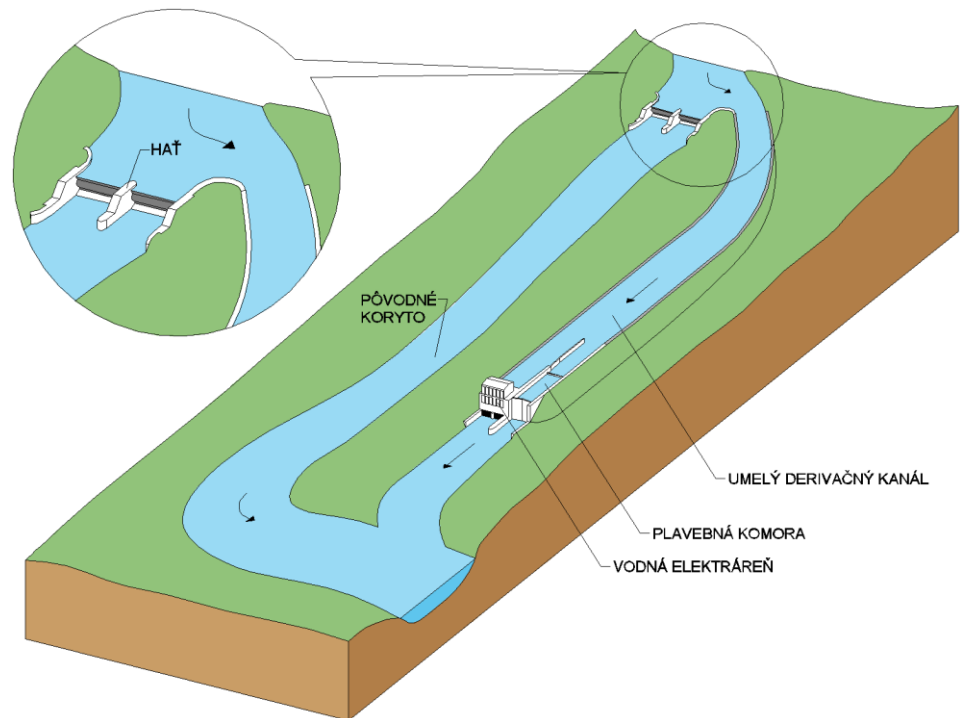
Riečna schéma je typická sústredení funkčných objektov do jedného profilu na toku v bezprostrednej vzájomnej blízkosti (Obr. 4.15.).



Obr. 4.15 Riečna schéma vodného diela

Jednotlivé funkčné objekty vodného diela by mali byť umiestnená tak, aby svojou prevádzkou minimalizovali svoj negatívny vplyv na iné objekty vodného diela.

V prípade, že od hate sa odoberá voda do umelého derivačného kanála, vedeného s menším sklonom dna aj hladiny a kratšou dĺžkou, ako má pôvodný tok medzi haťou a vodnou elektrárnou, je vodná elektrárňa umiestnená na konci tohto kanála a hovoríme o **derivačnej schéme** (Obr. 4.16).



Obr. 4.16 Derivačná schéma vodného diela

Častým dôsledkom viacúčelovosti vodných diel je nutnosť koordinácie proti sebe postavených požiadaviek na optimálnu prevádzku jednotlivých funkčných objektov zaistujúcich splnenie jednotlivých účelov.

Napr. plavba vyžaduje minimalizáciu zmien parametrov prúdenia (nemennosť plavebných podmienok), regulačná vodná elektrárňa vyžaduje častú zmenu prúdenia v oblasti stupňa spôsobenú nábehom do prevádzky a odstavením z nej. Pri kombinovaní závlah s energetickým využitím je nutné, aby bola hať schopná bezporuchovej prevádzky aj v zime, nielen vo vegetačnom období.

Z hľadiska optimálneho zladenia jednotlivých funkcií je dôležité **dispozičné riešenie** vodných diel. Pod dispozičným riešením rozumieme umiestnenie jednotlivých funkčných objektov vodného diela tak, aby svojou prevádzkou minimalizovali svoj negatívny vplyv na iné objekty.

Pri návrhu koncepčného a dispozičného riešenia hate nesmú ostať bokom ani ochrana prírody, rybárstvo, urbanistické a hygienické požiadavky.



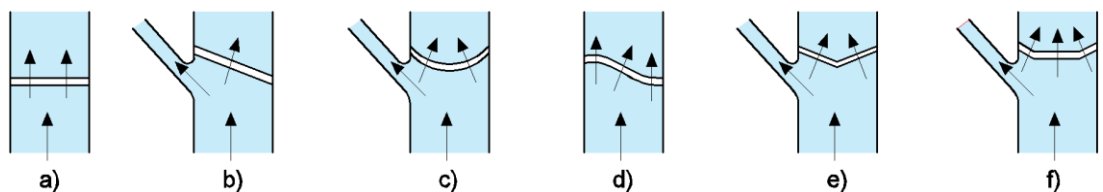
4.6 Pevné hate

Pevné hate patria k najstarším stavbám vo vodnom staviteľstve. Sú vytvorené nepohyblivým haťovým telesom, na priepadovej korune ktorého nie sú umiestnené žiadne pohyblivé regulačné uzávery. Z tohto dôvodu nie je pevná hať schopná regulovať prietok, to znamená, že okamžitý prítok v profile hate sa rovná okamžitému odtoku.

Najstaršie pevné hate boli z dreva a kameňa (Obr. 4.20). S rozvojom techniky sa však postupne menil materiál a aj tvar priepadových plôch a celej konštrukcie pevných hatí. V dnešnej dobe sa môžeme preto stretnúť s rozmanitými typmi hatí, ako z pohľadu použitých materiálov, tak z pohľadu tvarov.

Pevné hate môžeme rozdeliť podľa:

- prevažujúceho materiálu telesa hate na:
 - drevené,
 - kamenné,
 - murované,
 - betónové,
 - železobetónové.
- tvaru priečného rezu na hate s priepadovou plochou:
 - strechovitou,
 - obdĺžnikovou,
 - lichobežníkovou,
 - zaoblenou,
 - prúdnicovou.
- spôsobu prevádzkania vody cez hať na:
 - prepádové,
 - násoskové.
- vodotesnosti hate na:
 - priepustné,
 - nepriepustné.
- pôdorysného tvaru koruny priepadu na:
 - priame kolmé (Obr. 4.17a),
 - priame šikmé (Obr. 4.17b),
 - oblúkové (Obr. 4.17c, d),
 - zalomené (Obr. 4.17e,f).



Obr. 4.17 Pôdorysné usporiadanie hate

Hate priame šikmé, oblúkové a zalomené sa hlavne v minulosti stavali s cieľom zvýšiť kapacitu hate predĺžením prepadovej hrany a taktiež, aby sa lepšie usmernila voda do odberov (Obr. 4.17b, c, e, f, Obr. 4.18).



Obr. 4.18 Pevná oblúková hať Hradec Králové (Malšovický jez) na rieke Orlice, ČR (Zdroj: flyfoto.cz)

Efektívnym spôsobom zvýšenia kapacity pevnej hate je použitie tzv. *nelineárnych hatí*, ako je napr. **labyrintová hať**. Napriek tomu, že ich kapacita je v porovnaní s priamymi haťami s rovnakou efektívnou prepadovou šírkou nižšia, výhodou je podstatné zmenšenie celkovej stavebnej šírky hate, prevzdušňovanie prietoku a nízka rozkolísanosť hladiny nad haťou.



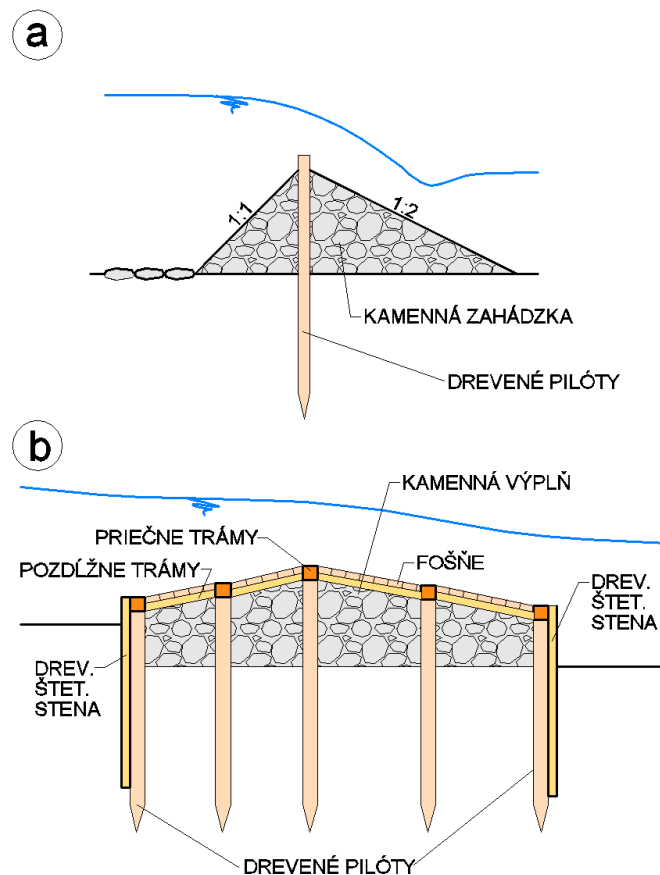
Obr. 4.19 Labyrintová hať Standley Lake, Westminster, Colorado, USA (Zdroj: researchgate.net, © K. Warren Frizell)

4.6.1 Drevené hate

V súčasnosti sa **drevené hate** používajú ako dočasné konštrukcie, na hradenie malých výšok do cca 1 m. Najlepšie a najtrvanlivejšie na stavbu haťí je dubové drevo, toho však nie je k dispozícii dostatočné množstvo. Z ihličnatých drevín je pre veľký obsah živice vhodná borovica. Drevené hate sa vyznačujú relatívne jednoduchou konštrukciou, napr. zarazením drevených pilót a ich obsypaním kamennou zahádzkou, ktorá sa na návodnej strane upraví do sklonu 1 : 1 a na vzdušnej do sklonu 1 : 2 (Obr. 4.20a). Dno pred haťou sa vydláždi kamennými blokmi. Do brehov sa hať zaviaže predĺžením pilótovej steny.

Dokonalejšiu pevnú hať predstavuje konštrukcia vytvorená zarazením niekoľkých radov pilót vo vzdialenosti cca 3,0 m. V každej rade sú pilóty od seba vzdialené cca 1,5 m. Hlavy pilót sa navzájom spoja v priečnom aj pozdĺžnom smere trámami. Vytvorený trámový rošt sa prekryje fošňami (Obr. 4.20b), čím sa vytvorí „hladká“ priepadová plocha. Drevené konštrukcie obsypané, resp. vyplnené kamenivom, bývajú priepustné. Nepriepustnosť sa môže dosiahnuť tak, že spolu s kamenivom sa sype do haťového telesa íl alebo hlina. V takomto prípade je však nutné zabezpečiť, aby íl, či hlina, neboli vymieľané, a to napr. zabaranením drevenej štetovnicovej steny na návodnej aj vzdušnej strane hate.

Pre drevené hate vybudované v minulosti je príznačné, že v podhatí nebol vybudovaný vývar, v dôsledku čoho sa pod haťou tvorili výmole. Aby sa zabránilo prehlbovaniu výmoľov, spevňovalo sa dno pod haťou kamennou zahádzkou.



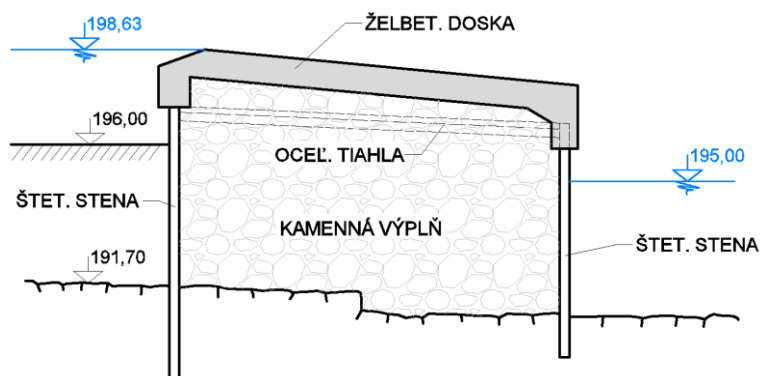
Obr. 4.20 Pevné hate z dreva a kameňa

4.6.2 Kamenné a murované hate

Tak ako v prípade drevených hatí sa v súčasnosti **kamenné hate** používajú ako dočasné konštrukcie, na hradenie malých výšok. Typickou kamennou haťou je kamenná hrádza lichobežníkového priečneho rezu, sypaná z hrubého kameňa naprieč tokom. Povrch hrádzky býva väčšinou z vyklinovanej dlažby. Podhatie tvorí kamenná zahádzka. Takáto konštrukcia je však odolná len pri nižších prietokoch.

Na zvýšenie odolnosti pri veľkých prietokoch je vhodné konštrukciu spevniť napr. drevenými pilótami (Obr. 4.20b) alebo oceľovými štetovnicami, ktoré môžu byť zovreté (pre zvýšenie tuhosti konštrukcie) oceľovými ťahadlami (Obr. 4.21). Povrch môže byť obložený napr. dlažbou s ťažkých kamenných blokov spojených maltou alebo železobetónovou doskou.

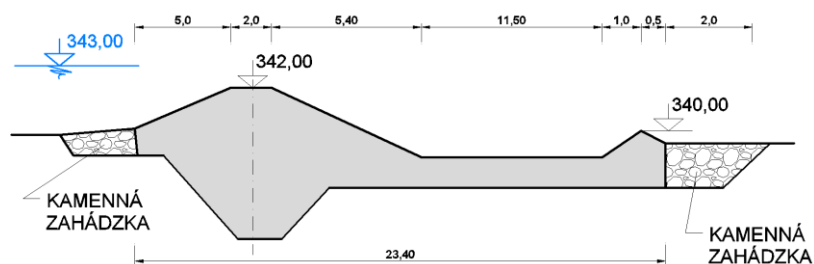
Pre trvalé hradenie sa môžu použiť odolnejšie konštrukcie, napr. haťové telesá **murované** z kamenných blokov alebo kvádrov, resp. z tehál spojených cementovou maltou. Výstavba murovaných hatí si však vyžaduje značné množstvo manuálnej práce, hlavne pri použití presne opracovaných kvádrov; je zdĺhavá a nákladná. Preto sa z rozvojom betónu budujú v prevažnej miere betónové pevné hate.



Obr. 4.21 Pevná hať Veletov na rieke Labe, ČR

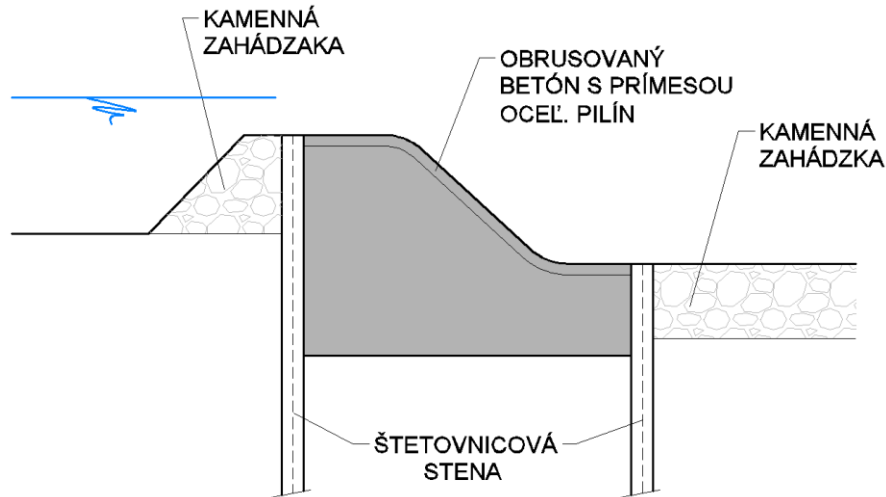
4.6.3 Betónové hate

Na rozdiel od drevených a kamenných hatí sú betónové hate *nepriepustné* a oproti murovaným hatiam umožňujú rýchlejšiu výstavbu. Staršie betónové konštrukcie si zachovávali tvar obdobný murovaným hatiam (Obr. 4.22), ale postupne boli koruny hatí a priepadových plôch zaobľované.



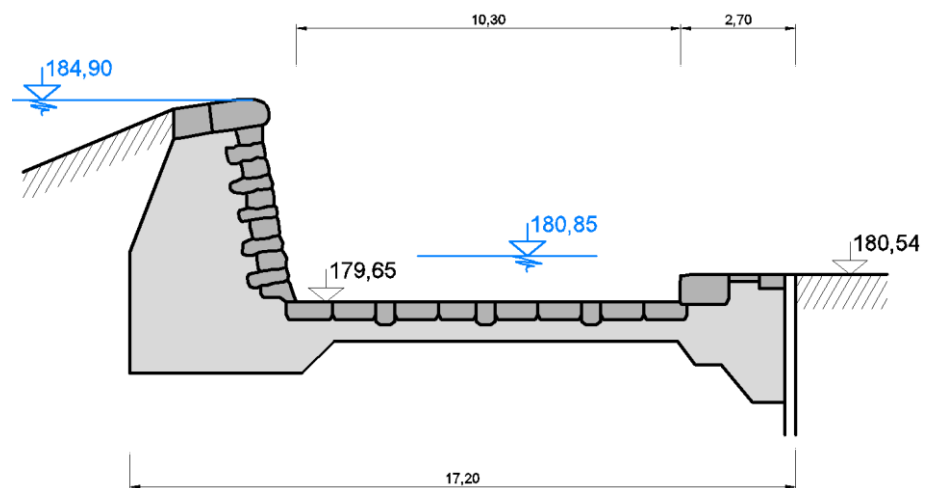
Obr. 4.22 Pevná hať Radošov na rieke Ohře, ČR

Drevené pilóty sa nahrádzali oceľovými štetovnicovými stenami razenými na návodnej aj vzdušnej strane (Obr. 4.23), aby sa predĺžila filtračná dráha pod základom hate.



Obr. 4.23 Pevná hať na rieke Oslava, ČR

Významný obrat v navrhovaní pevných hatí nastal v r. 1907 pri Helmovskej hati na Vltave v Prahe (Obr. 4.24), kedy bol po prvýkrát na návrh hate použitý modelový hydraulický výskum. Podstatnou zmenou bol návrh priameho napojenia opevneného vývaru k haťovému telesu.



Obr. 4.24 Helmovská hať (orig. Helmovský jez) v Prahe na Vltave, ČR

Skúsenosti z prevádzky tejto hate viedli k návrhu nového typu hate s prúdnicovou zaoblenou priepadovou plochou (Obr. 4.40).

Pri výstavbe a najmä pri rekonštrukcii pevných hatí je okrem ekonomického hľadiska dôležitý aj faktor vhodného začlenenia hate do prostredia (Obr. 4.25, Obr. 4.26). Tejto požiadavke sa často vo väčšej či menšej miere podriaďuje aj optimálna hydraulická účinnosť hate.

Pri výstavbe a najmä pri rekonštrukcii pevných haťí je okrem ekonomického hľadiska dôležitý aj faktor vhodného začlenenia hate do prostredia.



Obr. 4.25 Rekonštruovaná pevná hať Svetlá nad Sázavou, ČR (Foto: ©Jaroslav Kováč)



Obr. 4.26 Pevná hať Dobřichovice na rieke Berounka, ČR (Zdroj: foursquare.co, © Progressor)



Kontrolné otázky

Aký je rozdiel medzi haťou a priehradou?

Aký je účel výstavby hate?

Podľa akých kritérií je možné deliť hate?

Aké sú účinky (vplyv) hate na vodný tok a okolie?

Aký je rozdiel v princípe fungovania pevnej a pohyblivej hate?

Aké sú základné koncepčné schémy riešenia hatí?

Aké sú základné konštrukčné princípy drevených pevných hatí?

Aké sú základné konštrukčné princípy kamenných a murovaných pevných hatí?

Aké sú základné konštrukčné princípy betónových pevných hatí?



*Pre hradenie
haťových polí je
možné navrhnuť
rôzne typy
pohyblivých
uzáverov, ale žiadny
z používaných typov
nemá univerzálne
uplatnenie.*

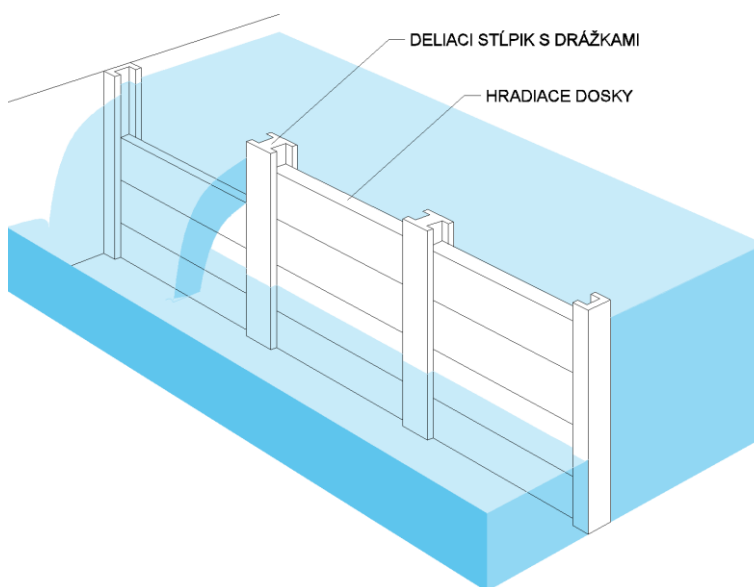
4.7 Pohyblivé hradiace uzávery

Pohyblivé hradiace uzávery sú súčasťou tzv. *pohyblivých hatí* (Kap. 4.3), ktorými je možné podľa potreby manipulovať (zdvíhať, spúšťať, sklápať, resp. otáčať) a regulovať veľkosť plochy, cez ktorú preteká voda tak, aby sa hladina vzdutej vody v zdrži nad haťou udržiavala na požadovanej úrovni. Spolu s pevnou spodnou stavbou hate a piliermi tvoria jeden celok.

Medzi najčastejšie používané uzávery patria **stavidlá**, **klapky**, **segmenty** a **vaky**. Medzi menej často používané uzávery patria napr. **hydrostatické uzávery** alebo **valcové uzávery**.

4.7.1 Stavidlové uzávery

Stavidlové uzávery sú najstaršími pohyblivými haťovými uzávermi. Stavidlá vyrobené z dreva mali jednoduchý obdĺžnikový priečny rez. Vzhľadom na nízku únosnosť dreva ich bolo nutné deliť po dĺžke aj výške na menšie stavidlá. Takto vznikali tzv. **členené stavidlové hate** (Obr. 4.27), ktoré boli tvorené jednotlivými hradiacimi doskami zasúvanými do vodiacich drážok deliacich stĺpikov. Prietok cez takúto hať bol regulovaný vyberaním alebo pridávaním jednotlivých hradiacich dosiek.



Obr. 4.27 Členená stavidlová hať

4.7.1.1 Tabuľové (doskové) stavidlá

Pre malé hradiace výšky (1,0 až 1,5 m) a šírky (2,0 až 3,0 m) sa aj v súčasnosti používajú tzv. **tabuľové (doskové) uzávery**. *Hradiaca tabuľa* je vyrobená z drevených dosiek (Obr. 4.28) alebo hradiacu tabuľu tvorí oceľový plech (Obr. 4.29). Nevýhodou tabuľových stavidiel je relatívne veľké trenie vznikajúce medzi hradiacou tabuľou a vodiacimi drážkami. Pri väčších hradených výškach sa preto navrhujú dvojdielne tabuľové stavidlá.



Obr. 4.28 Tabuľové (doskové) stavidlá s hradiacimi tabuľami z drevených dosák; zavesených na cievových tyčiach ovládaných elektromotorom (Zdroj: fornax-sro.cz)



Obr. 4.29 Tabuľové (doskové) stavidlo s hradiacou tabuľou z oceleového plechu zavesenou na cievových tyčiach ovládaných pomocou ručného pohonu (Zdroj: fornax-sro.cz)

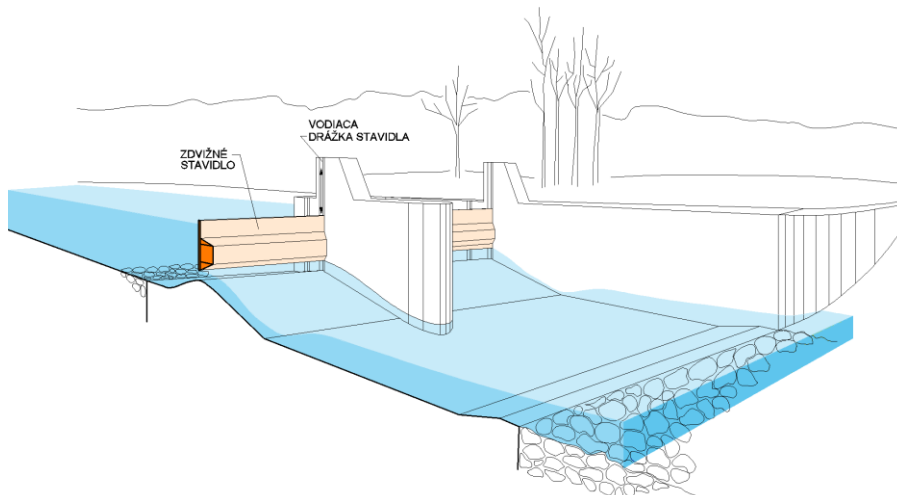
S používaním ocele bolo možné začať navrhovať **celistvé stavidlá**. Na rozdiel od členených stavidlových hatí je celistvé stavidlo zasunuté do drážok haťových pilierov, takže umožňuje uzatvoriť celú šírku haťového poľa. Medzi najrozšírenejšie celistvé stavidlá patria zdvižné celistvé stavidlá.

Výhodou zdvižných stavidiel je ich schopnosť prepúšťania splavenín na štrkonosných tokoch vhodným nadvihnutím jedného alebo viacerých stavidiel.

Nevýhodou zdvižných stavidiel sú problémy pri prevádzaní ľadových kryh a plávajúcich predmetov a potreba relatívne vysokých haťových pilierov.

4.7.1.2 Zdvižné stavidlá

Zdvižné stavidlá (Obr. 4.30) sa používajú pre menšie hradiace výšky v rozmedzí 2,0 až 4,0 m.



Obr. 4.30 Hať so zdvižným stavidlovým uzáverom

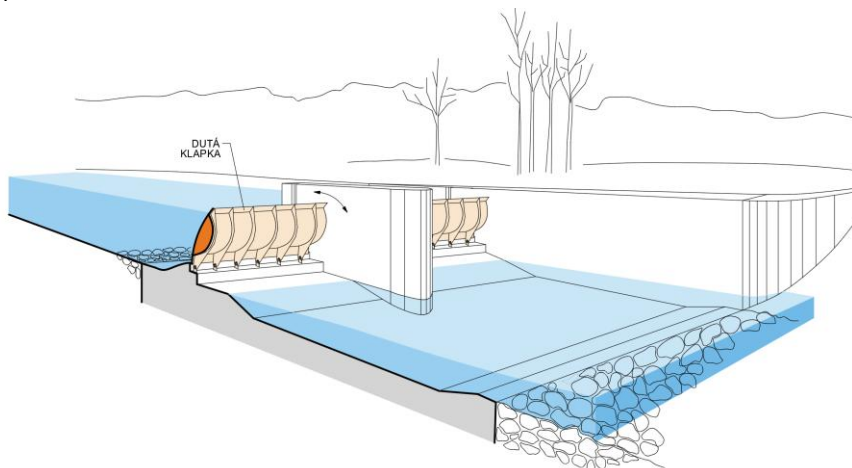
Pri zmene prietoku sa hladina nad haťou udržiava na konštantnej úrovni pomocou regulácie výtokového množstva vody cez otvor/y medzi korunou priepadu a spodným obrysom stavidla/iel. Pri zdvíhaní stavidla sa prietok zväčšuje – hladina v zdrži klesá a naopak, pri spúšťaní stavidla sa prietok znižuje – hladina v zdrži stúpa.

Klapkové uzávery nie je vhodné navrhovať na tokoch s trvalým a značným chodom splavenín.

Výhodou klapkových uzáverov je, že nepotrebujú masívne haťové piliere.

4.7.2 Klapkové uzávery

Klapkové uzávery sú tvorené celistvou hradiacou konštrukciou, ktorej os otáčania sa nachádza na spodnej stavbe hate. Zo statického, hydraulického, ale aj estetického dôvodu (nízke piliere, voda prepadajúca ponad konštrukciu) patria v súčasnosti medzi najčastejšie navrhované hradiace uzávery. Klapkový uzáver umožňuje jemnú reguláciu hladiny hornej vody a prepúšťanie ľadových kryh a plávajúcich predmetov prepadom cez horný okraj klapky. V súčasnosti patrí medzi najrozšírenejší typ klapkového uzáveru tzv. **dutá klapka** (Obr. 4.31 a Obr. 4.32).



Obr. 4.31 Hať s dutou klapkou



Obr. 4.32 Prepad vody ponad jednostranne dutú klapku s hradiacou šírkou 6 m a hradiacou výškou 1,4 m na hati Gsteig, Švajčiarsko (Zdroj: wild-metal.com)

Vzhľadom na to, že klapkové uzávery nepotrebujú v pilieroch drážky a podstatná časť hydrostatického tlaku vody sa prenáša iba do spodnej stavby hate, je ich výhodou to, že nepotrebujú masívne piliere (Obr. 4.33 a Obr. 4.34).



Obr. 4.33 Vizualizácia navrhovaného Vodného diela Ladmovce na rieke Bodrog

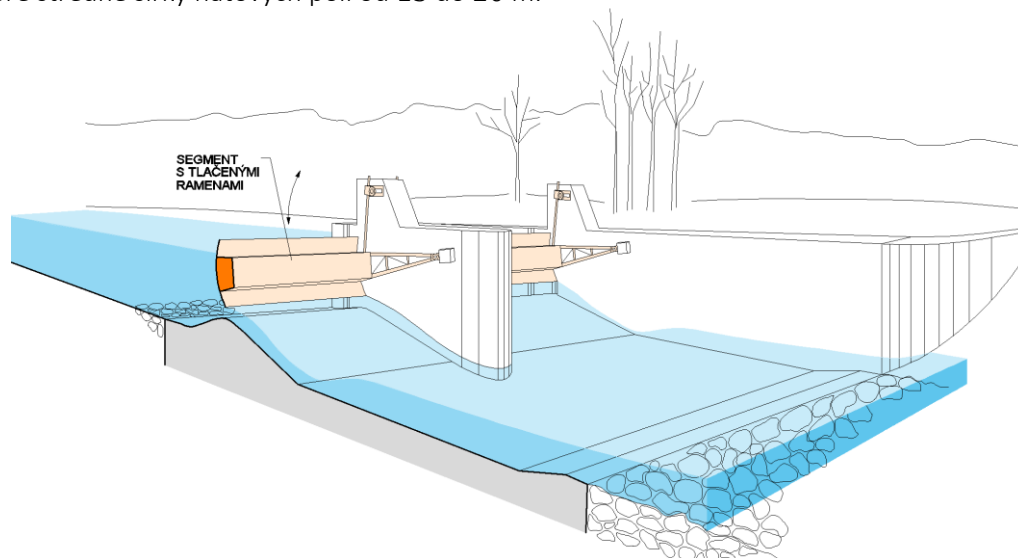


Obr. 4.34 Dutá klapka – hať Preseľany nad Ipľom (Zdroj: biomonitring.sk, © David Stanislav)

Segmentové uzávěry sú tvorené celistvou hradiacou konštrukciou, ktorej os otáčania sa nachádza v mieste čapov umiestnených na koncoch ramien mimo hradiacej steny.

4.7.3 Segmentové uzávěry

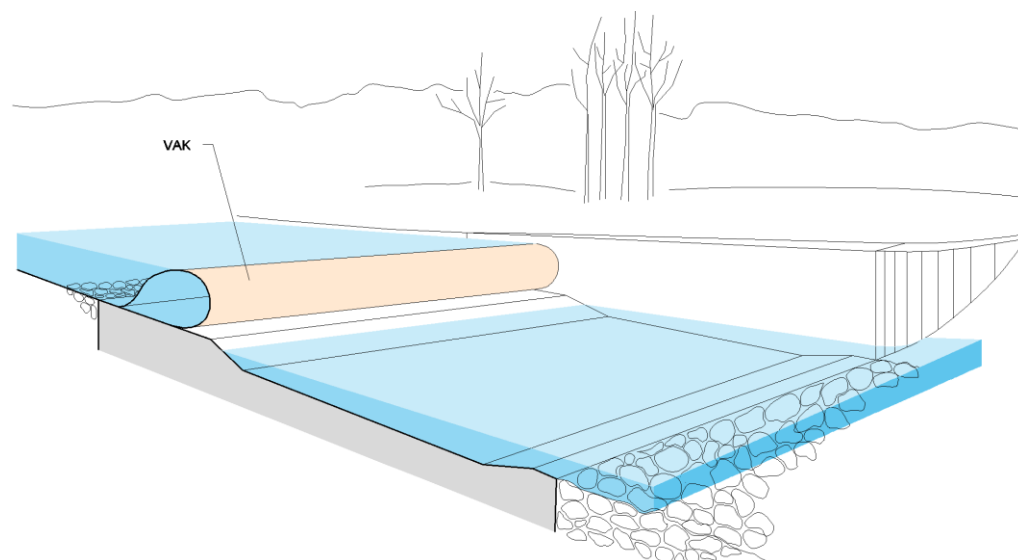
Segmentové uzávěry sú tvorené celistvou hradiacou konštrukciou, ktorej os otáčania sa nachádza v mieste čapov umiestnených na koncoch ramien mimo hradiacej steny. Najpoužívanejším typom segmentového uzáveru sú celistvé zdvižné segmenty s tlačnými ramenami (Obr. 4.35), ktoré sa navrhujú pre väčšie hradené výšky od 3,0 m a viac a pre stredné šírky haťových polí od 15 do 20 m.



Obr. 4.35 Hať so zdvižným segmentom s tlačnými ramenami

4.7.4 Vakové uzávěry

Nosný systém hradiaceho vaku je tvorený membránou (gumotextíliou) naplnenou vodou (Obr. 4.36) a pevne zafixovanou k spodnej betónovej stavbe a k šikmým (Obr. 4.37), resp. zvislým haťovým pilierom (Obr. 4.38).



Obr. 4.36 Vaková hať

Pri súčasných technológiách, ktoré umožňujú vyrábať membránu ako homogénny celok bez spojovacích pásov, je možné vakové hate navrhovať pre veľké svetlosti haťových polí a pre hradiace výšky až do 5,0 m.

Nevýhodou vakových uzáverov je ich pomerne krátka životnosť.

Množstvo vody prepadajúcej cez vak je regulované výškou vaku, ktorá závisí od množstva vody, ktorá sa vo vaku nachádza. Pri súčasných technológiách, ktoré umožňujú vyrábať membránu ako homogénny celok bez spojovacích pásov, je možné vakové hate navrhovať pre veľké svetlosti haťových polí a pre hradiace výšky až do 5 m. Nevýhodou vakových uzáverov je ich pomerne krátka životnosť.



Obr. 4.37 Vakový uzáver prikotvený k spodnej stavbe a k šikmým brehovým pilierom s hradiacou výškou 3,0 m a šírkou 25,0 m – hať Filipovo na rieke Hron (Zdroj: rieky.sk, © Matej Mikluš)



Obr. 4.38 Vakový uzáver prikotvený k zvislým brehovým pilierom s hradiacou výškou 4,5 m (Zdroj: rubena.eu)



4.8 Konštrukcia hate

Medzi základné konštrukčné/stavebné časti hate patrí:

- spodná stavba hate, vývar
- opevnenie dna a brehov pred a za haťou,
- protipriesakové prvky,
- deliace piliere,
- brehové piliere a krídla.

Zásadný vplyv na konštrukčné riešenie hate má to, či ide o *pevnú* alebo *pohyblivú* hať (Kap. 4.3).

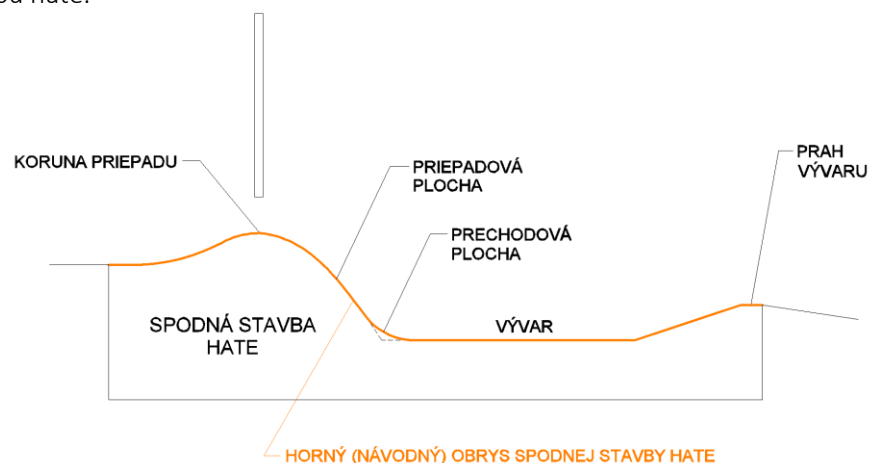
4.8.1 Spodná stavba hate, vývar

Tvar a veľkosť spodnej stavby hate závisí od viacerých faktorov, pričom treba navrhnuť jej *horný obrys* (Kap. 4.8.1.1) a *dolný obrys hate* (Kap. 4.8.1.2).

4.8.1.1 Horný obrys spodnej stavby hate

Tvar horného (návodného) obrysu spodnej stavby hate (Obr. 4.39) závisí najmä od:

- hydraulických parametrov prepadového, resp. výtokového lúča a vodného skoku,
- použitého materiálu spodnej stavby,
- typu hate.



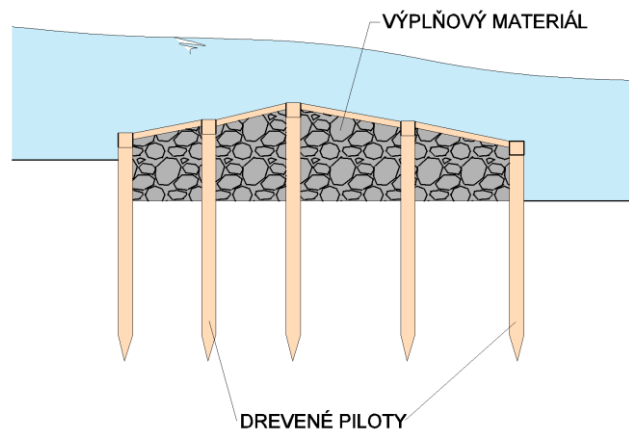
Obr. 4.39 Schematické znázornenie horného obrysu spodnej stavby hate

Tvar horného obrysu je prispôsobený predovšetkým požiadavke **plynulého prevedenia prietoku**; pričom rozhodujúci je najmä tvar koruny priepadu a priepadovej plochy. Najmä v prípade pevných hatí je ideálnym tvarom priepadovej plochy – tzv. *prúdnicový tvar* (Obr. 4.40). Pri pohyblivých hatiach býva ich tvar prispôsobený použitej hradiacej konštrukcii, prípadne jej ovládaniu.

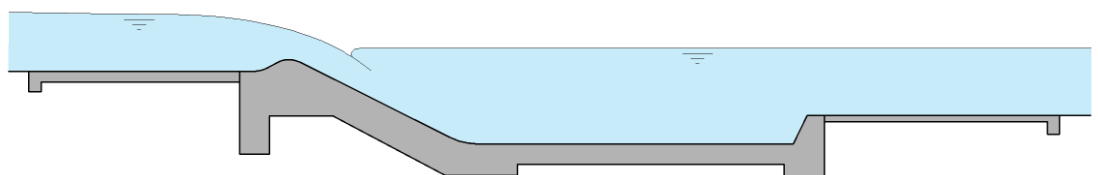


Obr. 4.40 Pevná hať s prúdnicovou priepadovou plochou (Zdroj: ČVUT Praha, © P. Valenta)

Tvar horného obrysu haťí bol v minulosti determinovaný najmä konštrukčnými možnosťami a použitým materiálom (Obr. 4.41). Až použitie betónu umožnilo navrhovať a konštruovať vhodne zaoblené priepadové plochy (Obr. 4.42).



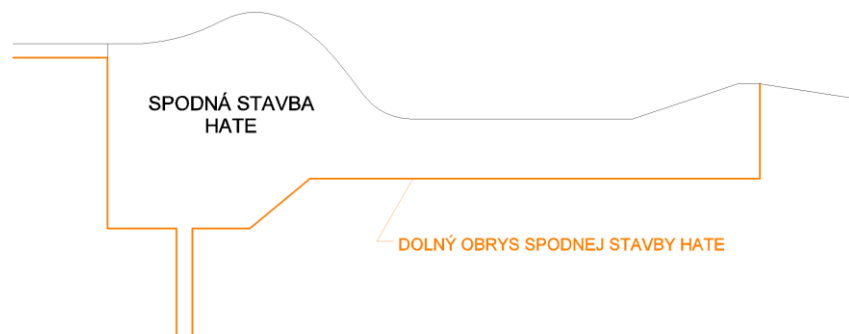
Obr. 4.41 Drevená pevná hať



Obr. 4.42 Nízka betónová pevná hať s vývarom

4.8.1.2 Dolný obrys spodnej stavby hate

Pod pojmom dolný obrys spodnej stavby hate rozumieme najnižšie položenú časť pevnej spodnej stavby, ktorá zahŕňa základovú škáru na podloží vrátane prípadného zazubenia, vodorovných tesniacich prvkov (tesniaci koberec) a zvislých tesniacich prvkov (podzemná betónová stena, injekčná clona a pod.) – Obr. 4.43.



Obr. 4.43 Schematické znázornenie dolného obrysu spodnej stavby hate

Tvar dolného obrysu spodnej stavby hate závisí predovšetkým od pomerov zakladania, t. j. od geologického zloženia a vlastnostiach podložia.

Opevnenia dna a brehov za haťou musí byť dolné, pružné, priepustné a drsné.

4.8.2 Opevnenia dna a brehov za podhatím (vývarom)

Vzhľadom na možnosť vzniku výmoľov na tokoch s málo odolným dnom opevňujeme aj dno za vývarom. Opevnenia za vývarom musí byť:

- **odolné**, aby odolávalo účinkom vodného prúdu a nebolo odplavené,
- **pružné**, aby bolo schopné sa prispôbiť (bez prerušenia svojej ochrannej funkcie) poklesom dna, ktoré môžu vzniknúť jeho vymieľaním,
- **priepustné**, aby nezväčšovalo vztlak na haťové teleso aj vývar,
- **drsné**, aby „brzdilo“ rýchlosť vodného prúdu a tlmilo prebytok jeho kinetickej energie.

Týmto požiadavkám vyhovujú:

- **kamenná zahádzka**, alebo **dlažba**,
- **drôteno-kamenné matrace**,
- **betónové kvádre** alebo **dosky**.

Výber typu opevnenia je daný miestnymi podmienkami a technicko-ekonomickým zhodnotením.

Najjednoduchším a pri dostatku vhodného miestneho kameňa aj najekonomickejším spôsobom opevnenia dna za vývarom je kamenná zahádzka.

Kamenná zahádzka je najjednoduchší a pri dostatku vhodného miestneho kameňa aj najekonomickejší spôsob opevnenia dna za vývarom. Vyznačuje sa najmä drsným povrchom. Realizuje sa v niekoľkých vrstvách kameňa. V prípade, že je dno toku tvorené jemnozrnným materiálom je kameň uložený na *obrátenej* (väčšinou štrkopieskový) filter (Obr. 4.44), resp. na *geotextíliu*, aby sa zabránilo vyplavovaniu jemných zŕn zeminu spod zahádzky.



Obr. 4.44 Opevnenie dna koryta za prahom vývaru kamennou zahádzkou na hati Spytihněv na rieke Morava, ČR (Zdroj: cez.cz)

V prípade, že nie je k dispozícii dostatočne veľký kameň na realizáciu kamennej zahádzky používajú sa na opevnenie dna za haťou drôteno-kamenné matrace (gabióny).

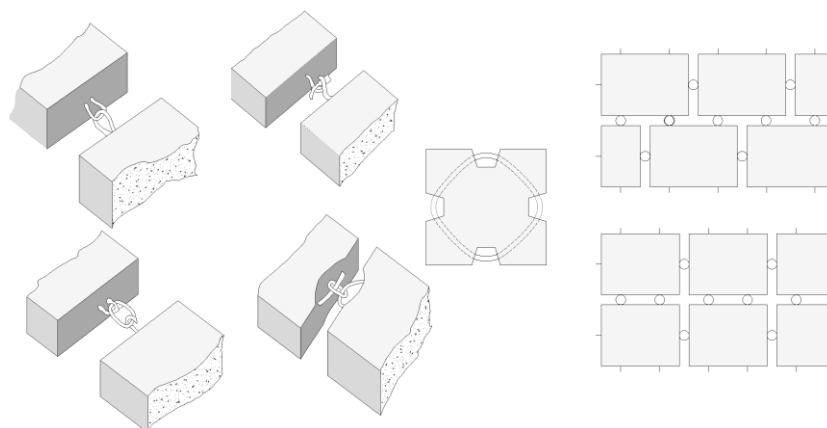
Drôteno-kamenné matrace (gabióny) sa používajú v prípade, ak nie je k dispozícii dostatočne veľký kameň. V takomto prípade je možné na vyplnenie drôtených gabiónov použiť menšie kusy lomového kameňa, resp. okrúhliaky z riečiska (Obr. 4.45). Gabióny tvoria ťažké a pružné celky. Nevýhodou je, že koše sú obrusované splaveninami a vo vode postupne korodujú, takže sa môžu po určitom čase rozpadnúť.



Obr. 4.45 Gabiónový kôš (Zdroj: wanzhifence.com)

Na riekach s dostatočným množstvom štrkopiesku pre výrobu betónu sa na opevnenie dna za haťou používajú betónové kvádre alebo dosky.

Betónové kvádre alebo **dosky** sa používajú na riekach s dostatočným množstvom štrkopiesku pre výrobu betónu. Majú obyčajne štvorcový alebo obdĺžnikový pôdorys s rozmermi 2 až 5 m a hrúbkou 0,5 až 1 m. Aby sa zamedzilo vyplavovaniu zeminy medzi škárami blokov, kladú sa na vrstvu štrku, obrátený filter alebo geotextíliu. Výrazne namáhané betónové bloky sa vystužujú a navzájom sa kĺbovite spájajú pomocou výstuže vyčnievajúcej z blokov. Takto vzniká odolné, pružné a zároveň priepustné opevnenie (Obr. 4.46).



Obr. 4.46 Opevnenie dna za vývarom hate betónovými blokmi – spôsoby ich spájania

Zvláštnu pozornosť je nutné venovať aj **opevneniu brehov** za haťou, a to nielen na tokoch upravovaných súčasne s výstavbou hate, ale aj na tokoch už upravených. Opevnenie brehov by malo byť dostatočne pevné, aby odolávalo namáhaniu spôsobenému vplyvom vyšších rýchlostí a turbulencie prúdu. Zároveň však musí byť aj priepustné, aby voda prúdiaca zeminou za výtokovými krídlami a brehovými piliermi nepôsobila príliš veľkým vztlakom na opevnenie v koryte pod haťou. Na opevnenie brehov za haťou sa najčastejšie používa **kamenná dlažba** (Obr. 4.47), resp. **kamenná dlažba na cementovú maltu s vhodne umiestnenou drenážou** (Obr. 4.48). Možné je použiť aj **betónové dosky** (Obr. 4.49), resp. **betónové prefabrikáty s odvodňovacími otvormi**.



Obr. 4.47 Príklad opevnenia brehu jednoduchou kamennou dlažbou (Zdroj: archív autorov)



Obr. 4.48 Príklad opevnenia brehu kamennou dlažbou na cementovú maltu (Zdroj: rieky.sk)



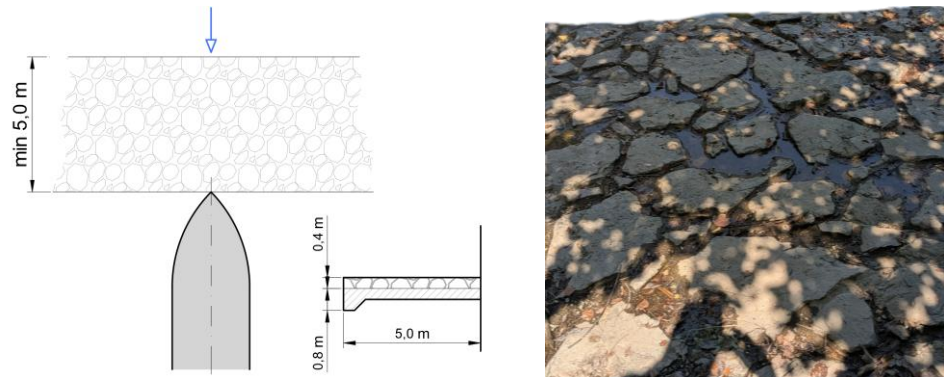
Obr. 4.49 Príklad opevnenia brehu betónovými doskami (Zdroj: rieky.sk, © Plameňák)

4.8.3 Opevnenia dna a brehov pred haťou

Za normálnych prevádzkových podmienok, pri malých a stredných prietokoch, sú hĺbky nad haťou väčšie ako pod haťou; čomu zodpovedajú menšie rýchlosti prúdenia, a tým aj menšie riziko vymieľania dna koryta pred haťou. Vplyvom zníženia rýchlosti dochádza často aj k zanášaniu zdrže nad haťou (Kap. 4.4).

Nebezpečenstvo vymieľania je väčšie v prípade manipulácie so zdvižnými uzávermi, pri ktorých vznikajú vyššie rýchlosti prúdenia pri dne, na rozdiel od uzáverov prepúšťajúcich vodu

prepacom. Ako ochranu pred vymieľaním je možné navrhnuť **betónovú dosku**, **kamennú rovnaninu** alebo **dlažbu z dostatočne ťažkého kameňa** vysunutú na dostatočnú vzdialenosť do hornej vody (Obr. 4.50), a to najmä v blízkosti návodného zhlavia pilierov, pri obtekaní ktorých sa zúžením zvyšujú rýchlosti prúdenia. Pri menších rýchlostiach prúdenia je postačujúca aj štrková, resp. kamenná rozprestierka. Z hľadiska prevádzania splavením je však výhodný čo najhladší povrch opevnenia.



Obr. 4.50 Návrh úpravy predhatia hate kamennou dlažbou resp. rovnaninou na cementovú maltu



Kontrolné otázky

Aké sú typy pohyblivých hradiacich uzáverov hatí?

Aké sú výhody a nevýhody stavidlových uzáverov hatí?

Aké sú výhody a nevýhody klapkových uzáverov hatí?

Aké sú hlavné konštrukčné časti hate?

Akým spôsobom je možné opevniť dno a brehy za podhatím?

Akým spôsobom je možné opevniť dno a brehy pred haťou?



5 Vodné elektrárne

Prvá zmienka o zariadeniach využívajúcich energiu vody sa objavuje u starých Grékov asi 4000 rokov pred n. l. Gréci používali vodnú energiu hlavne na mletie obilia.

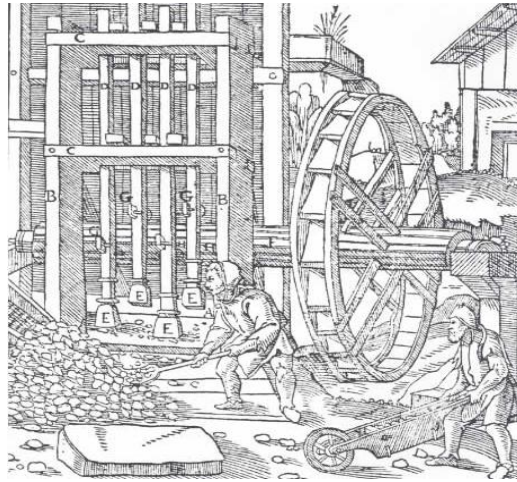
História využívania energie vody siaha tisíce rokov späť a postupne prešla viacerými etapami – od jednoduchých mechanických zariadení až po moderné vodné elektrárne. Prvým zariadením na premenu vodnej energie na mechanickú energiu bolo vodné koleso.

Prvá zmienka o zariadeniach využívajúcich energiu vody sa objavila u starých Grékov asi 4000 rokov pred n. l. Gréci používali vodnú energiu hlavne na mletie obilia. Na pohon mlynov na obilie alebo na čerpanie vody využívali vodné kolesá aj starí Číňania. Prvé zmienky sú z obdobia približne 200 rokov pred n. l. Jeden z najstarších príkladov vodohospodárskeho inžinierstva a využitia vodnej energie pre zásobovanie vodou je vodné koleso v meste *Hama* v *Sýrii* (Obr. 5.1). Prvé záznamy o kolese pochádzajú zo 4. storočia n. l. Priemer kolesa bol viac ako 20 m. Koleso bolo poháňané prúdiacou vodou rieky *Orontes* a pomocou vedier prenášalo vodu do kamenných akvaduktov slúžiacich na privod vody pre zavlažovanie záhrad a zásobovanie mesta pitnou vodou.



Obr. 5.1 Vodné koleso v meste Hama, Sýria (Zdroj: campuspress.yale.edu, © Johan Siegers)

V stredoveku sa vodné mlyny rozšírili po celej Európe, kde okrem mletia múky slúžili napríklad na valcovanie kovov, drvenie rudy, resp. na pohon kladív v kováčskych dielňach (Obr. 5.2). V rannom novoveku bola vodná energia kľúčovým zdrojom mechanickej energie pre manufaktúry a textilné továrne pred rozšírením parných strojov.



Obr. 5.2 Vodou poháňaný lis na drvenie rudy v Nemecku v 16. storočí
(Zdroj: Georgius Agricola: De Re Metallica)

Následný významný technický pokrok a najmä priemyselná revolúcia prispeli k tomu, že už na prelome 19. a 20. storočia sa vodné kolesá nahrádzali vodnými turbínami. Prvá vodná elektráreň na svete bola postavená v roku 1882 na rieke Fox v meste *Appleton, Wisconsin, USA*. V tom istom roku sa uskutočnil aj prvý prenos jednosmerného prúdu medzi vodnou elektrárnou *Miesbach* a Mníchovom na vzdialenosť 57 km cez telegrafnú linku. V roku 1891 sa realizoval aj prenos trojfázového prúdu z vodnej elektrárne *Laufen* do Frankfurtu nad Mohanom pri príležitosti svetovej výstavy, a to na vzdialenosť 175 km.

Na Slovensku bolo využívanie energie vodných tokov späté najmä s rozvojom banských podnikov zameraných na ťažbu a spracovanie rúd vzácnych kovov (zlato, striebro), farebných kovov (meď) a železných rúd (napr. *banskoštiavnické tajchy*). Podľa štatistik z roku 1873 bolo na Slovensku viac ako 4000 vodných mlynov.



Obr. 5.3 Vodný mlyn Tomášikovo na Malom Dunaji, SR (Zdroj: archív autorov)

Podľa súpisu vodných diel z roku 1930 bolo na Slovensku 2650 vodných diel slúžiacich na využitie vodnej energie.

Prvou vodnou elektrárnou s výkonom nad 10 MW na Slovensku bola vodná elektráreň Ladce na rieke Váh.

Vodnú elektráreň je možné definovať ako výrobu elektrickej energie premieňajúcu vodnú energiu vodného zdroja na energiu elektrickú.

Prvá banská vodná elektráreň na Slovensku bola postavená v roku 1892 v *Žakarovciach*. V roku 1894 bola postavená banská vodná elektráreň v *Kremnici*. V roku 1896 bolo realizované prvé elektrické osvetlenie, a to Belianskej jaskyne, z vodnej elektrárne na Bielej v Tatranskej Kotline. Prvý prenos jednosmerného prúdu na Slovensku medzi Krompachmi a Slovinkami bol realizovaný v roku 1897 a v roku 1901 sa uskutočnil prvý prenos striedavého prúdu z vodnej elektrárne *Štefanská Huta (Kluknava)* do *Maria Huty (Žakarovce)*.

Podľa súpisu vodných diel z roku 1930 urobeného finančnými úradmi bolo na Slovensku 2650 vodných diel slúžiacich na využitie vodnej energie, z čoho 96 bolo zmiešaných (mechanická transmisia a výroba elektrickej energie) a 49 samostatných vodných elektrární.

Prvou vodnou elektrárnou s výkonom nad 10 MW bola vodná elektráreň *Ladce* na rieke Váh s výkonom 13,8 MW, dokončená v roku 1936. Na ňu nadväzovala výstavba ďalších vodných elektrární Vážskej kaskády.

Podľa údajov Slovenských energetických závodov však zostalo ku koncu 70. rokov minulého storočia v prevádzke len 16 malých vodných elektrární (MVE) a niekoľko minielektrární vo vlastníctve závodov – najmä banských a hutníckych. Obrat v tomto smere nastal v rokoch 1979 až 1981, keď sa začalo obdobie renesancie malých vodných elektrární. K roku 2020 bolo na Slovensku v prevádzke 217 MVE s inštalovaným výkonom 82 MW s výrobou 282 GWh/rok.

Vodnú elektráreň (VE) je možné definovať ako výrobu elektrickej energie premieňajúcu vodnú energiu vodného zdroja na energiu elektrickú.

VE sú väčšinou súčasťou viacúčelových vodných diel, ktoré okrem výroby elektrickej energie slúžia na iné vodohospodárske účely, ako napr. ochrana proti povodňam, neenergetické odbery vody (pitnej a úžitkovej vody pre komunálnu spotrebu, technologickej vody pre priemysel, pre závlahy), vodnú dopravu, športovú a rekreačnú plavbu, rybolov, rekreáciu a pod. Medzi jednoúčelové vodné stavby, ktoré majú výlučne energetické využitie, patria napr. malé vodné elektrárne (MVE), t. j. vodné elektrárne s inštalovaným výkonom do 10 MW (Obr. 5.4).



Obr. 5.4 Vizualizácia navrhovanej MVE Vlkánová na Hrone (Zdroj: bystricoviny.sk)



Významnou prednosťou vodných elektrární je ich schopnosť pohotovo reagovať na zmeny zaťaženia v elektrizačnej sústave – často v priebehu niekoľkých sekúnd.

Pri citlivom a technicky správnom návrhu a realizácii nedochádza k devastácii prírodného prostredia, ale naopak k jeho transformácii na novú kvalitu.

5.1 Význam vodných elektrární

V porovnaní s inými energetickými zdrojmi, ako sú uhlie či jadrová energia, predstavuje podľa [7] využívanie vodnej energie trvalý, nevyčerpatelný a stále sa obnovujúci zdroj založený na prirodzenom kolobehu vody v prírode. Jeho uplatňovanie umožňuje šetriť úmerné množstvo fosílnych palív, ako aj náklady spojené s ich ťažbou, dopravou a ukladaním odpadu, pričom sa zároveň eliminuje negatívny vplyv týchto činností na krajinu. Vodná energia je domácim zdrojom, nezávislým od okolitých krajín (s výnimkou prípadov využívania hraničných tokov), a zároveň neprodukuje znečistenie ovzdušia ani pevný či rádioaktívny odpad, ktorý je nevyhnutné následne skladovať alebo likvidovať.

Významnou prednosťou vodných elektrární je ich schopnosť pohotovo reagovať na zmeny zaťaženia v elektrizačnej sústave – často v priebehu niekoľkých sekúnd. Prevádzkové náklady sú pritom veľmi nízke, životnosť zariadení dlhá a počet prevádzkových hodín vysoký. Mnohé moderné vodné elektrárne sú plne automatizované a nevyžadujú stálu obsluhu, čím sa minimalizuje potreba pracovnej sily.

Pri citlivom a technicky správnom návrhu a realizácii nedochádza k devastácii prírodného prostredia, ale naopak, môže dôjsť aj k jeho transformácii na novú kvalitu. V celkovom hodnotení environmentálnych a hospodárskych efektov možno preto využívanie hydroenergetického potenciálu považovať za ekologicky prínosné riešenie. Navyše na rozdiel od iných obnoviteľných zdrojov energie, ako sú veterné či solárne elektrárne, poskytujú vodné elektrárne záruku neprerušovanej a kontinuálnej dodávky vopred garantovaného množstva elektrickej energie.



Obr. 5.5 Malá vodná elektrárň – vizualizácia (Zdroj: mdpi.com, © Rotillo, Marchionni, Berardinis)



Obr. 5.6 Malá vodná elektrárň Kempten, Nemecko (Zdroj: divisare.com, © Brigita Gonzales)

Okrem pozitívnych aspektov má výstavba a prevádzka vodných elektrární aj svoje negatíva. Spôsobuje zmenu prietokových pomerov, zvýšenie sedimentačnej alebo eróznej činnosti toku a zmenu režimu podzemných vôd. Má vplyv na priechodnosť rýb a iných vodných živočíchov cez stupne na tokoch, prináša riziko úniku mazadiel či iných ropných látok a môže spôsobiť zmeny kvalitatívnych vlastností vody. Chod turbín môže predstavovať ohrozenie pre vodné živočíchy, pričom môže dochádzať aj k zmenám druhového zloženia vodných organizmov.

Zasiahnuté môžu byť aj brehové porasty, pričom prevádzka môže byť sprevádzaná zvýšenou hlučnosťou. Výstavba si vyžaduje záber pozemkov a ďalšie zásahy do územia, ktoré majú urbanistický dosah na okolité krajinné prostredie, a môže ovplyvniť aj rekreačnú plavbu. Väčšinu týchto vplyvov je však možné vhodnými technickými alebo prevádzkovými opatreniami do značnej miery eliminovať.



5.2 Konceptné riešenie vodných elektrární

Pri plánovaní energetického využitia vodného toku alebo jeho časti sa posudzujú rôzne varianty celkového konceptného riešenia. Výber závisí najmä od morfológie toku, hydrologických a geologických pomerov. Cieľom je nájsť také riešenie, ktoré pri zohľadnení všetkých obmedzujúcich faktorov umožní maximálne využiť jeho hydroenergetický potenciál. Medzi hlavné obmedzenia dnes patria najmä urbanizácia priľahlého územia, existujúca priemyselná infraštruktúra, dopravné siete a v neposlednom rade aj požiadavky na ochranu životného prostredia.

Výkon vodnej elektrárne (P) v kW je možné vypočítať podľa vzťahu:



$$P = 9,81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta \quad (5.1)$$

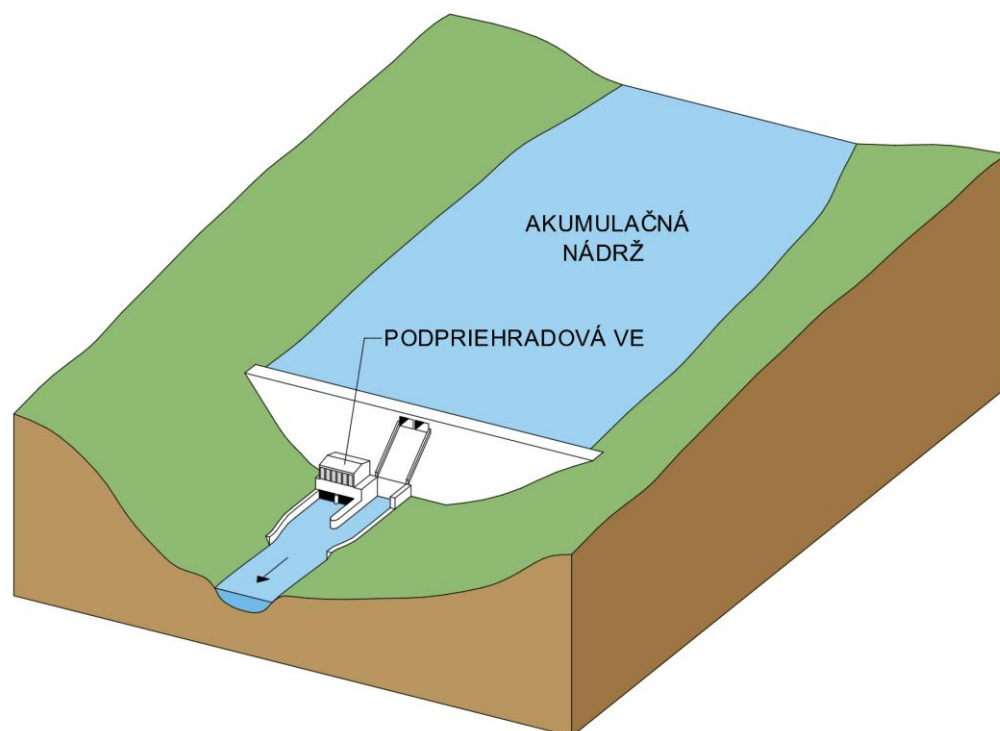
kde:

- Q – je prietok cez VE [m^3s^{-1}],
- H – spád (t. j. rozdiel hladín nad a pod VE [m],
- η – účinnosť premeny energie vody na energiu elektrickú [-].

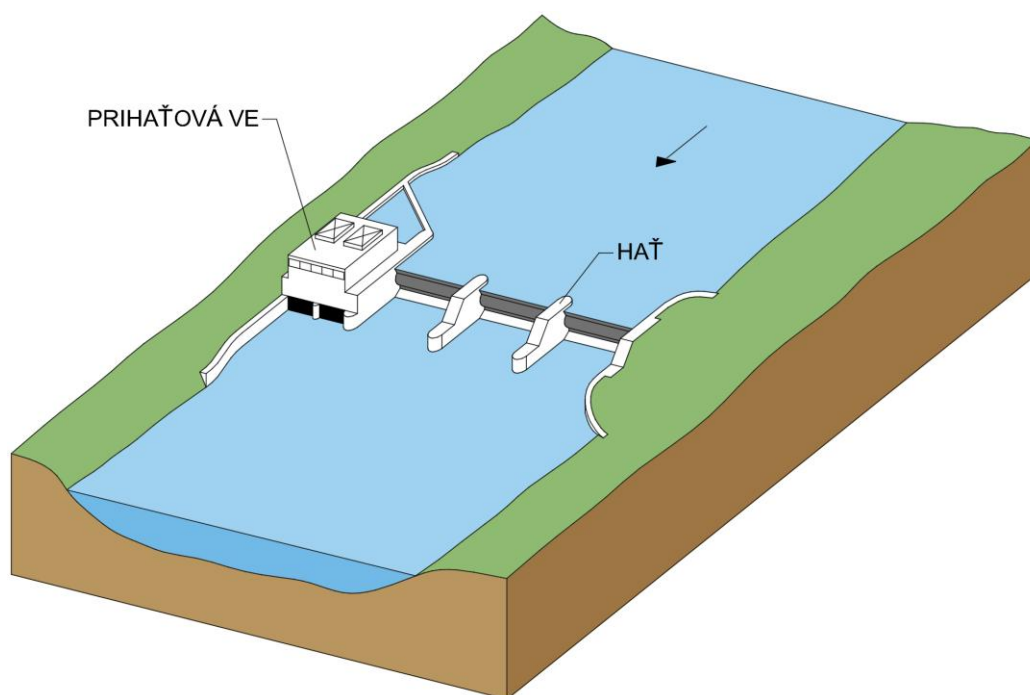
Zo vzťahu (5.1) je zrejmé, že efektívne využitie lokality závisí od možnosti sústredenia **prietoku** a/alebo **spádu** v danej lokalite. V prípade, že prirodzené prírodné podmienky danej lokality neumožňujú sústrediť dostatočný prietok a/alebo spád, je možné tieto dva parametre sústrediť umelo. Umelé sústredenie prietoku resp. spádu si však vyžaduje príslušné stavebné zásahy.

Umelé sústredenie spádu sa dá dosiahnuť výstavbou:

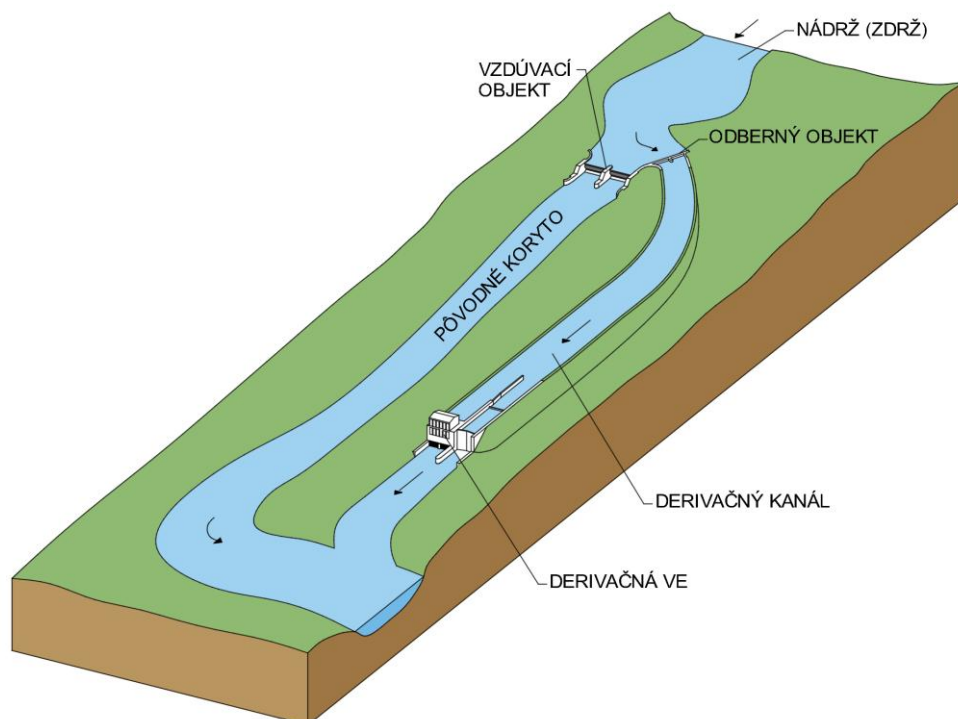
- **priehrady**, pričom takéto riešenie prichádza do úvahy najmä v úzkych údoliach horných a stredných úsekov riek, ktoré nie sú husto osídlené (Obr. 5.7),
- **hate**, pričom toto riešenie je vhodné pre úseky tokov s malým pozdĺžnym sklonom a s veľkými prietokmi (Obr. 5.8),
- **beztlakového privádzača (derivačného kanála)**, pričom takýto spôsob sústredenia spádu je vhodný najmä na stredných a dolných úsekoch riek, ktoré majú malý pozdĺžny sklon a pretekajú husto osídleným a poľnohospodársky využívaným územím (Obr. 5.9),
- **tlakového privádzača**, pričom toto riešenie sa najviac používa v členitom horskom teréne (Obr. 5.10).
- kombinácie **beztlakového a tlakového privádzača** (Obr. 5.11),
- resp. kombinácie **priehrady a tlakového privádzača** (Obr. 5.12).



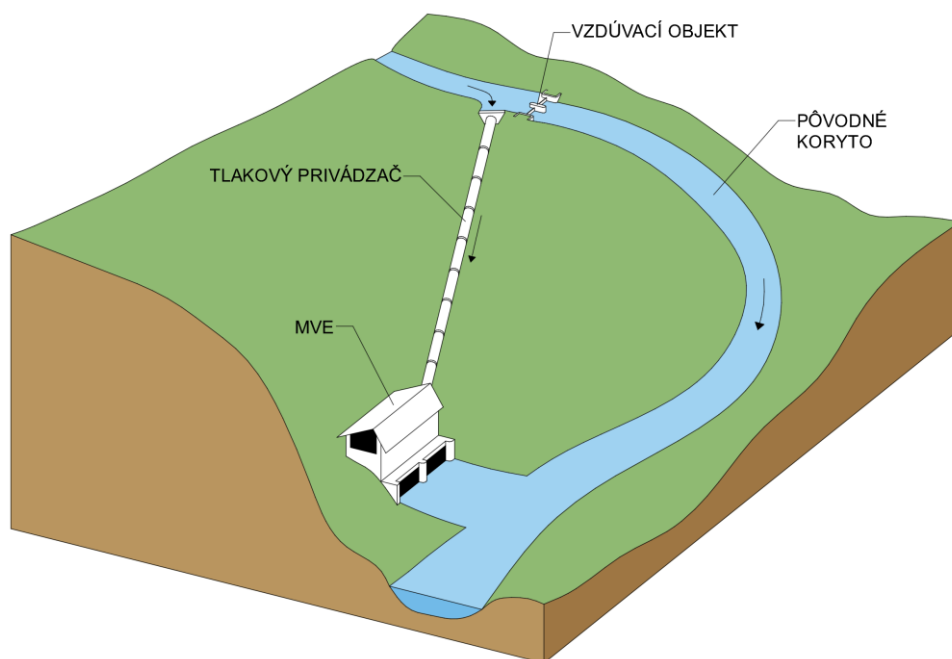
Obr. 5.7 Sústredenie spádu výstavbou priehrady – tzv. vzdúvadlová schéma priehradová



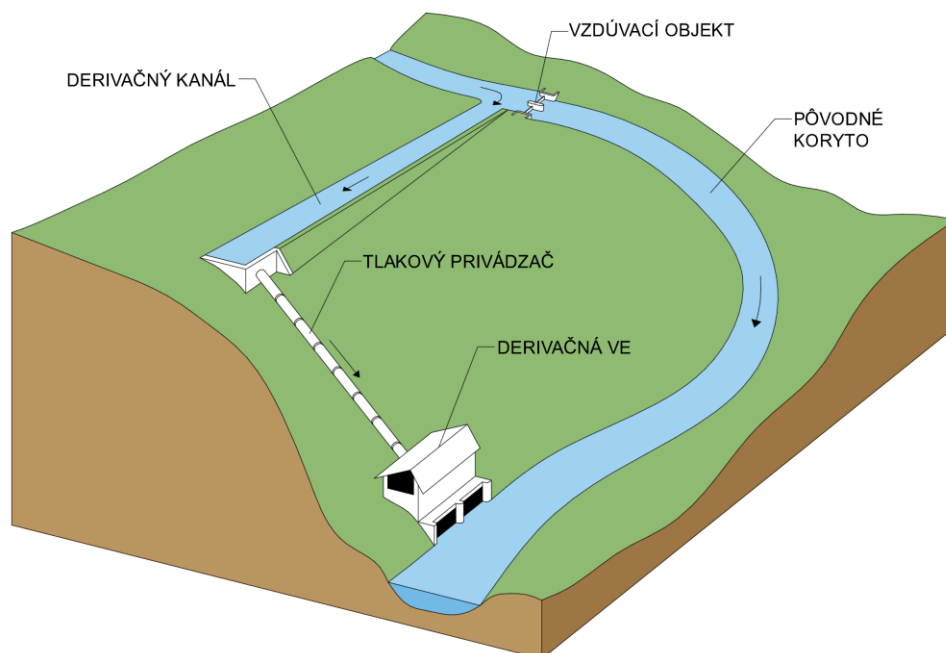
Obr. 5.8 Sústredenie spádu výstavbou hate – tzv. vzdúvadlová schéma haťová



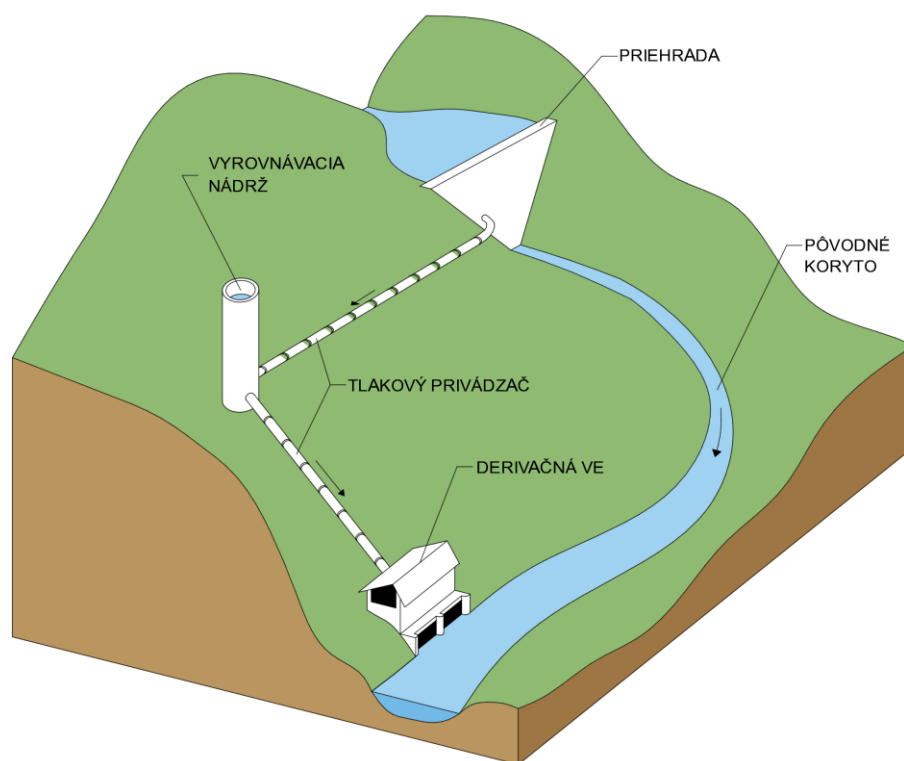
Obr. 5.9 Sústreďenie spádu výstavbou derivačného kanála – tzv. derivačná schéma beztlaková



Obr. 5.10 Sústreďenie spádu výstavbou tlakového privádzača – tzv. derivačná schéma tlaková



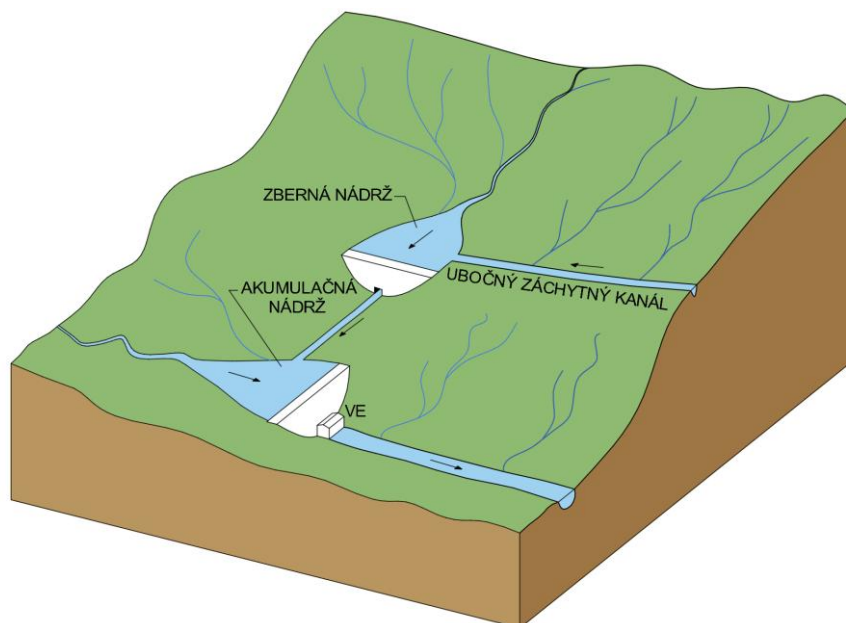
Obr. 5.11 Sústreďenie spádu výstavbou beztlakového a tlakového privádzača – tzv. derivačná schéma beztlakovo-tlaková



Obr. 5.12 Sústreďenie spádu výstavbou priehrady a tlakového privádzača – tzv. priehradovo-derivačná schéma

Umelé sústredenie prietoku sa dá dosiahnuť:

- **zachytením a sústredením vody vo vlastnom povodí.** Na Obr. 5.13 je schéma zachytenia vody vo vlastnom povodí úbočným záchytným kanálom. Týmto spôsobom je možné využiť na výrobu elektrickej energie vo VE aj prietok, ktorý by bez jeho zachytenia, vzhľadom na umiestnenie akumuláčnej nádrže nad VE, nebolo možné na VE využiť.



Obr. 5.13 Schéma zachytenia vody vo vlastnom povodí úbočným záchytným kanálom



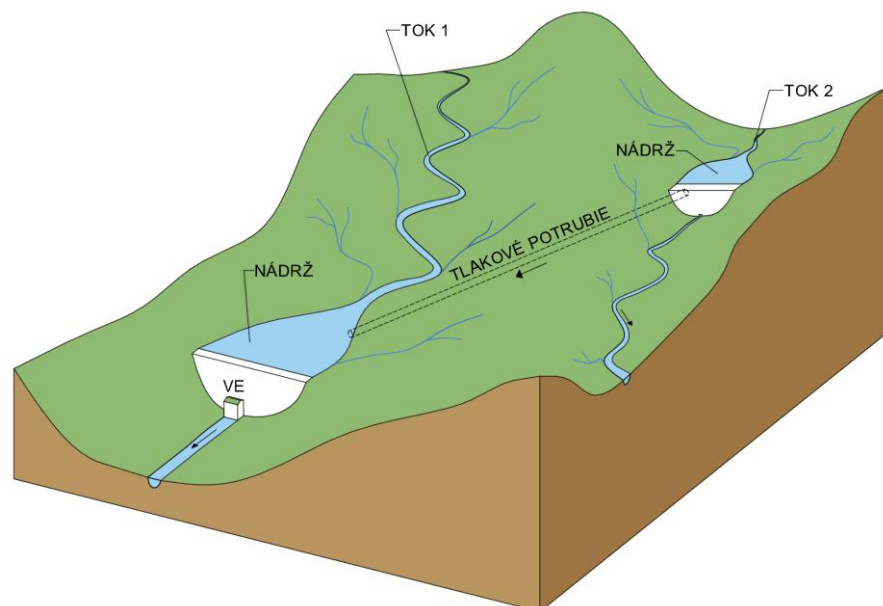
Obr. 5.14 Tatársky zberný jarok na zachytávanie vody a jej privedenie k Počúvadlianskemu tajchu v Banskštiavnických vrchoch, SR (Zdroj: archív autorov)

Na Obr. 5.14 je príklad zachytenia vody vo vlastnom povodí Tatárskym zberným jarkom v banskoštiavnických vrchoch (pozri <https://voda.oma.sk/tatarsky-zberny-jarok>). Tatársky zberný jarok zachytáva vodu nielen vo vlastnom povodí Počúvadlianskeho tajchu, ale aj vodu mimo jeho povodia. Prevedenie vody z jedného do druhého povodia je zabezpečené gravitačne prostredníctvom dvoch prekopaných vodných štôlní o celkovej dĺžke 700 m (Obr. 5.15).



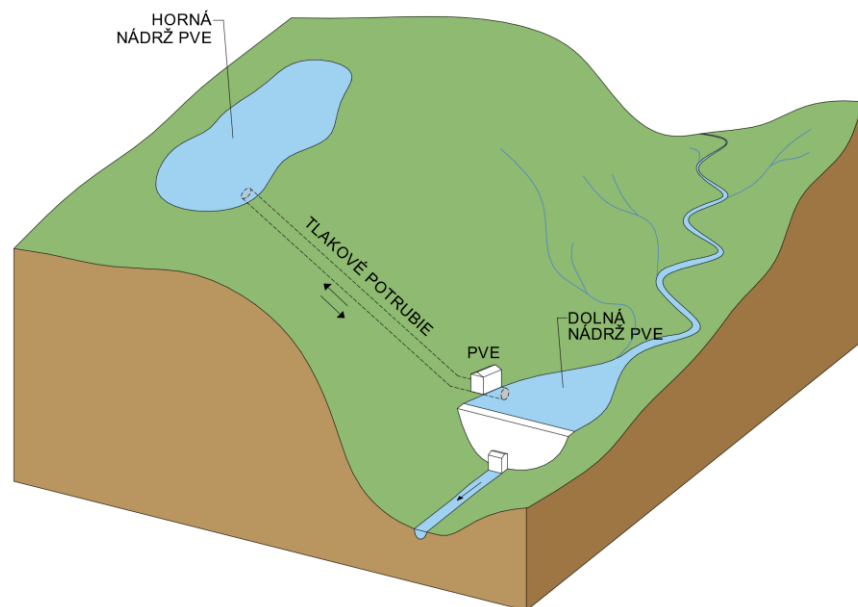
Obr. 5.15 Portál vodnej štôlne Tatárskeho zberného jarku (Zdroj: archív autorov)

- **prevedením vody z iného povodia** (Obr. 5.16). Týmto spôsobom je možné využiť na výrobu elektrickej energie vo VE nie len prietok z *Toku 1*, ale aj z *Toku 2*, ktorý by bez prevedenia vody z povodia *Toku 2*, nebolo možné vo VE využiť.



Obr. 5.16 Schéma prevedenia vody z povodia Toka 2 do povodia Toka 1 prostredníctvom tlakového potrubia a jej následné využitie na výrobu energie vo VE

- **prečerpáním vody** z nižšie ležiaceho miesta na miesto vyššie ležiace s jej následným využitím na výrobu elektrickej energie vo VE. Na Obr. 5.17 je príklad prečerpávania vody z dolnej do hornej nádrže prečerpávacej vodnej elektrárne – pozri bližšie v Kap. 2.8.1.4.



Obr. 5.17 Schéma prečerpávania vody z dolnej do hornej nádrže prečerpávacej vodnej elektrárne – tzv. prečerpávacia schéma

Z uvedených možností sústredenia spádu a prietoku potom vzniká konkrétna **schéma hydroenergetického využitia**. Prírodné podmienky väčšinou poskytujú možnosti mnohých rozmanitých variantných riešení, ktoré sa môžu po technickej stránke rozdeliť približne do štyroch základných skupín, a to na:

- **vzdúvadlové schémy:**
 - **priehradové** (Obr. 5.7). Príkladom môže byť VE Liptovská Mara (Obr. 2.28).
 - **haťové** (Obr. 5.8). Príkladom môže byť VE Žilina (Obr. 2.31).
- **derivačné schémy:**
 - **beztlakové** (Obr. 5.9). Príkladom môže byť VE Trenčín (Obr. 5.18).
 - **tlakové** (Obr. 5.10).
 - **beztlakovo-tlakové** (Obr. 5.11).
- **priehradovo-derivačné schémy** (Obr. 5.12).
- **prečerpávacie schémy** (Obr. 5.17). Príkladom môže byť PVE Čierny Váh (Obr. 2.36).



Obr. 5.18 Vodná elektrárň Trenčín – derivačná schéma beztlaková (Zdroj: seas.sk)



5.3 Stavebné riešenie vodnej elektrárne

V zmysle Obr. 5.19 sú hlavnými stavebnými (konštrukčnými) časťami VE:

- **vtok** resp. **vtokový objekt VE**,
- **strojovňa VE**,
- **výtok VE**.

5.3.1 Vtok VE

Účelom vtokového objektu VE je zabezpečiť dostatočný prítok vody do elektrárne. Vtokové objekty pozostávajú vo všeobecnosti z dnového prahu, hrubých hrablíc a nornej steny, ktoré slúžia na to, aby zabraňovali vnikaniu hrubých splavenín, plávajúcich a unášaných predmetov (napr. dreva, ľadu a pod.) k turbínam.

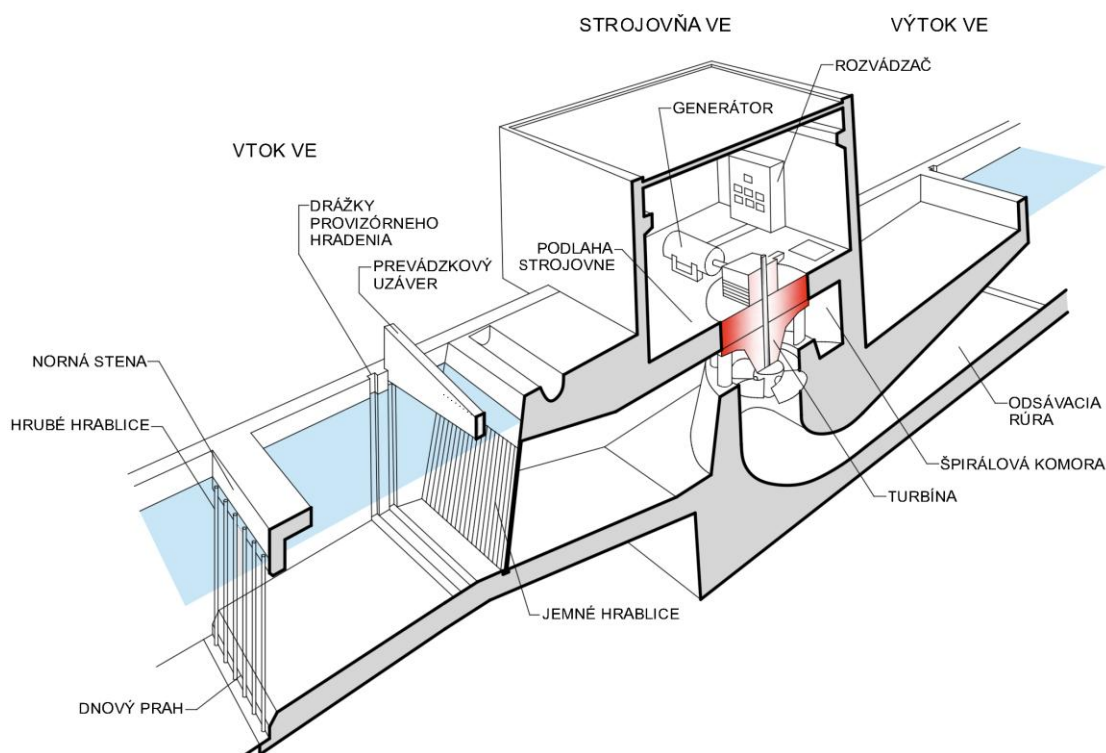
5.3.2 Strojovňa VE

Strojovňa je objekt, v ktorom je umiestnené základné technologické zariadenie (vodná turbína, generátor príp. rozvádzač). Strojovňa pozostáva z dvoch častí – *vrchnej stavby* a *spodnej stavby*. Vrchná stavba je časť strojovne nad úrovňou jej podlahy a spodná stavba je časť strojovne pod úrovňou jej podlahy. Podlaha strojovne VE je spravidla na úrovni podlahy generátora. V spodnej stavbe sa spravidla nachádza vodná turbína.

Vodná turbína je zariadenie, ktorého rotujúca časť je lopatkové obežné koleso, ktorému voda odovzdáva svoju mechanickú energiu, a tým ho roztáča. Voda je rovnomerne usmerňovaná na lopatky vodnej turbíny prostredníctvom špirálovej komory. Otáčajúce sa lopatkové koleso turbíny pomocou prepojavacieho hriadeľa otáča rotorom **generátora**, v ktorom sa mení táto mechanická energia na energiu elektrickú.

5.3.3 Výtok VE

Súčasťou výtoku VE je spravidla odsávacia rúra, ktorou voda vyteká do toku pod vodnou elektrárnou.



Obr. 5.19 Priestorová schéma vodnej elektrárne



Kontrolné otázky

Aké je možné definovať vodnú elektráreň?

Aké sú pozitívne aspekty výstavby vodných elektrární?

Aké sú negatívne aspekty výstavby vodných elektrární?

Akým spôsobom je možné dosiahnuť umelé sústredenie spádu s cieľom hydroenergetického využitia toku?

Akým spôsobom je možné dosiahnuť umelé sústredenia prietoku s cieľom hydroenergetického využitia toku?

Aké sú základné schémy hydroenergetického využitia krajiny?

Aké sú základné stavebné časti vodnej elektrárne a aká je ich funkcia?

6 Použitá literatúra a zdroje

- [1] BROŽA, V. a kol.: *Nádrže, jezy a přehrady*. SNTL, Praha. 1967.
- [2] ČÁBELKA, J., KUNŠTÁTSKÝ, J.: *Jezy*. Praha. SNTL 1966.
- [3] DUŠIČKA, P., GABRIEL, P., HODÁK, T., ČIHÁK, F., ŠULEK, P.: *Malé vodní elektrárny*. Jaga group, Bratislava, 2003. ISBN 80-88905-45-1.
- [4] GABRIEL, P., GRANTNER, T., PRUCHA, M., VÝBORA, P.: *Jezy*. SNTL/ALFA, Praha, 1989.
- [5] GRANTNER, T., FURDA, J.: *Hate*. SVŠT, Bratislava, 1990. ISBN 80-227-0326-5.
- [6] LUKÁČ, M., BEDNÁROVÁ, E., ŠTEFANEK, J.: *Nádrže a vodohospodárske sústavy*. STU Bratislava, 1991.
- [7] MOŽIEŠIK, Ľ., DUŠIČKA, P., ŠULEK, P.: *Hydrotechnické stavby*. STU, Bratislava, 2012. ISBN 978-80-227-3656-5.
- [8] SZOLGAY, J., DZUBÁK, M., HLAVČOVÁ, K., KOHNOVÁ, S.: *Hydrológia, Odtokový proces a hydrológia povrchových vôd*. SvF STU Bratislava, 2004.
- [9] ŠULEK, P.: *Hate*. SvF STU Bratislava, 2023, ISBN 978-80-227-5381-4.
- [10] POLÁK, V. a kol.: *Určenie vhodných typov rybovodov podľa typológie vodných tokov. Metodické usmernenie MŽP SR*. VÚVH Bratislava, 2015.
- [11] Vyhláška 119/2016 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o výkone odborného technicko-bezpečnostného dohľadu nad vodnými stavbami a o výkone technicko-bezpečnostného dozoru. Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky, 2016.
- [12] Metodický pokyn k posudzovaniu bezpečnosti priehrad a odkalísk počas povodňového zaťaženia v rámci technicko-bezpečnostného dohľadu, Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky, 2020.
- [13] www.svp.sk
- [14] ŘÍHA, J., SEDLÁČEK, M., SMRŽ P., VESELÝ, R., ŽATECKÝ, S.: *Návrh a realizace suchých nádrží z pohledu technickobezpečnostního dohledu*. Ministerstvo životního prostředí, Praha, 2014.
- [15] DOLEŽAL, P., GOLÍK, P., ŘÍHA, J., TORNER, V., ŽATECKÝ, S.: *TP 1.19 Male vodní a suché nádrže. Technická pomůcka k činnosti autorizovaných osob*. ČKAIT, Praha, 2011, ISBN 978-80-86364-16-2.

doc. Ing. Peter Šulek, PhD., Ing. Michaela Červeňanská, PhD.

STAVBY NA OCHRANU A VYUŽITIE KRAJINY

Vydala Slovenská technická univerzita v Bratislave vo Vydavateľstve SPEKTRUM STU, Bratislava, Vazovova 5, v roku 2025.

Edícia skrípt

Rozsah 115 strán, 151 obrázkov, 11,27 AH, 11,44 VH, 1. vydanie, edičné číslo 6252, vydané v elektronickej forme.

85 – 235 – 2025

ISBN 978-80-227-5543-6
DOI: 10.61544/LLND8828