

edice stavitel

Ochranné hráze na vodních tocích

Jaromír Říha



Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude **trestně stíháno**.

Používání elektronické verze knihy je umožněno jen osobě, která ji legálně nabyla a jen pro její osobní a vnitřní potřeby v rozsahu stanoveném autorským zákonem. Elektronická kniha je datový soubor, který lze užívat pouze v takové formě, v jaké jej lze stáhnout s portálu. Jakékoliv neoprávněné užití elektronické knihy nebo její části, spočívající např. v kopírování, úpravách, prodeji, pronajímání, půjčování, sdělování veřejnosti nebo jakémkoliv druhu obchodování nebo neobchodního šíření je zakázáno! Zejména je zakázána jakákoliv konverze datového souboru nebo extrakce části nebo celého textu, umístování textu na servery, ze kterých je možno tento soubor dále stahovat, přitom není rozhodující, kdo takovéto sdílení umožnil. Je zakázáno sdělování údajů o uživatelském účtu jiným osobám, zasahování do technických prostředků, které chrání elektronickou knihu, případně omezují rozsah jejího užití. Uživatel také není oprávněn jakkoliv testovat, zkoušet či obcházet technické zabezpečení elektronické knihy.



edice stavitel

Ochranné hráze na vodních tocích

Prof. Ing. Jaromír Říha, CSc.

Grada Publishing

Tato publikace vyšla za podpory:

- projektu NAZV č. QH81223 – *Návrhy na zvýšení spolehlivosti ochranných hrází ve změněných klimatických podmínkách*
- projektu NAZV č. QI92A139 – *Výzkum metod zvyšujících vodohospodářskou účinnost malých vodních nádrží s ohledem na rizika předpokládaných klimatických změn*
- projektu FAST-S-10-57 – *Spolehlivostní hodnocení možnosti vzniku vnitřní eroze zemin hydrotechnických staveb*
- Pöyry Environment a.s., Botanická 56, 602 00 Brno
- Aqua Procon, s.r.o., Palackého třída 12, 612 00 Brno
- HG partner s.r.o., Husova 78, 250 82 Úvaly
- Ministerstva zemědělství, Těšnov 17, 117 05 Praha 1

Tato publikace je certifikovanou metodikou č. 01/2010 uznanou *Odborem státní správy ve vodním hospodářství a správy povodí MZE* v souladu s podmínkami „Metodiky hodnocení výsledků výzkumu a vývoje“.

Prof. Ing. Jaromír Říha, CSc.

■ Ochranné hráze na vodních tocích

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

obchod@gradapublishing.cz, www.grada.cz

tel.: +420 234 264 401, fax: +420 234 264 400

jako svou 4121. publikaci

Odpovědná redaktorka Věra Slavíková

Sazba Jan Šístek

Fotografie na obálce autor

Fotografie a kresby v textu z archivu autora, není-li uvedeno jinak

Počet stran 224

První vydání, Praha 2010

Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, a. s.

Recenzenti:

Ing. Oldřich Neumayer, CSc., Pöyry Environment, a.s.

Ing. Karel Sedlák, Ministerstvo zemědělství

Kontakt na autora:

Ústav vodních staveb FAST VUT v Brně

Žižkova 17, 602 00 Brno

tel. 5 4114 7753, fax 5 4114 7752, e-mail: riha.j@fce.vutbr.cz

Barevné verze všech obrázků lze stáhnout na následující www adrese:

<http://vst.fce.vutbr.cz/publikace/OH.pdf>

© Grada Publishing, a.s., 2010

Cover Design © Grada Publishing, a.s., 2010

Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků.

ISBN 978-80-247-3570-2 (tištěná verze)

ISBN 978-80-247-7325-4 (elektronická verze ve formátu PDF)

© Grada Publishing, a.s. 2012

■ Obsah

Předmluva	9
1 Úvod	11
1.1 Všeobecně	11
1.2 Terminologie	12
2 Předpisy a dostupné podklady	20
2.1 Domácí předpisy	20
2.2 Vybrané zahraniční podklady	23
2.2.1 Německo	23
2.2.2 Rakousko	26
3 Podklady pro návrh ochranných hrází	27
3.1 Všeobecné údaje o lokalitě	27
3.2 Geodetické podklady	27
3.3 Vodohospodářské podklady	28
3.4 Inženýrsko-geologické poměry	28
3.5 Podklady o zájmech ochrany přírody a krajiny	29
3.6 Hospodářské a sociální podklady	29
3.7 Další podklady	29
4 Poruchy ochranných hrází	30
4.1 Úvod	30
4.2 Příčiny poruch hrází	30
4.3 Poruchy ochranných hrází na moravských tocích	35
4.3.1 Poruchy ochranných hrází v povodí Moravy	36
4.3.2 Poruchy ochranných hrází v povodí Odry	39
4.3.3 Zevšeobecnění výsledků šetření	40
4.4 Poznámky ke vzniku trhlin v ochranných hrázích	41
5 Návrh ochranných hrází	44
5.1 Obecné zásady	44
5.2 Stanovení kóty koruny hráze	44
5.2.1 Návrhová povodeň	44
5.2.2 Kontrolní povodeň	45
5.2.3 Poloha hladiny při návrhové a kontrolní povodni	46
5.2.4 Převýšení hráze	49
5.3 Vedení trasy ochranných hrází	50
5.3.1 Všeobecné zásady	50
5.3.2 Křížení a souběh s inženýrskými sítěmi	52
5.3.3 Ohrázování v místě zaústění přítoků	55
5.4 Příčný řez hrází	56
5.4.1 Všeobecné požadavky	56
5.4.2 Koruna hráze	58
5.4.3 Svahy hráze	59

6 Ochranné hráze na vodních tocích

5.4.4	Zakládání ochranných hrází	60
5.4.5	Lavičky, rampy a náplavky	62
5.4.6	Těsnění ochranné hráze a podloží	63
5.4.7	Odvodnění hráze a podloží	65
5.4.8	Ochranná pásma	67
5.4.9	Opatření proti hlodavcům	67
5.4.10	Odvedení vnitřních vod	67
5.4.11	Opevnění povrchu hrází	68
6	Příslušenství ochranných hrází.	69
6.1	Objekty v tělese ochranných hrází	69
6.2	Hrázové přelivy	69
6.2.1	Všeobecně	69
6.2.2	Návrh hrázových přelivů	70
6.2.3	Stanovení odlehčovaného průtoku	71
6.2.4	Požadavky na umístění a konstrukci hrázových přelivů	72
6.2.5	Hydraulický návrh	74
6.2.6	Typy opevnění hrázových přelivů a jejich odolnost	76
6.3	Hrázové propusti	86
6.4	Čerpací stanice	87
6.5	Budovy, zdi, mosty	88
6.6	Různé	88
7	Vegetace a činnost živočichů.	89
7.1	Vegetace na ochranných hrázích a její formy	89
7.1.1	Všeobecně	89
7.1.2	Travní porosty	90
7.1.3	Vysoký plevel (buřeň)	90
7.1.4	Dřeviny	90
7.2	Činnost živočichů	94
8	Průsakový režim	96
8.1	Úvodem	96
8.1.1	Ochranné hráze a průsakový režim.	96
8.1.2	Protipovodňové stěny	98
8.2	Faktory související s hodnocením průsakového režimu	98
8.3	Hydraulické řešení.	99
8.3.1	Předpoklady při modelovém řešení.	100
8.3.2	Možnosti použití jednorozměrných modelů	101
8.3.3	Dvojezměrné modely v horizontální rovině	103
8.3.4	Řešení detailu 2D modelem ve vertikální rovině	104
8.3.5	Proudění s volnou hladinou	108
9	Posouzení stability ochranných hrází	122
9.1	Všeobecně	122
9.1.1	Mezní stavy	123
9.1.2	Návrhové situace	124
9.1.3	Parametry materiálů a základových půd	124

9.1.4	Parametry zatížení	124
9.1.5	Zatěžovací stavy, klasifikace a kombinace zatížení	125
9.1.6	Vyjádření významu objektu	126
9.2	Mezní stav stability polohy	126
9.2.1	Ztráta stability usmýknutím podél smykové plochy	127
9.2.2	Mezní stav prolomení pokryvu vztlakem	129
9.3	Mezní stav vzniku havarijních trhlin	130
9.4	Mezní stav přetvoření	131
9.5	Mezní stav filtrační stability	131
9.5.1	Typ A1 – kontaktní sufoze a eroze při proudění kolmém ke styku materiálů různých zrnitostí	132
9.5.2	Typ A2 – kontaktní rozmývání	135
9.5.3	Typ B – vnitřní sufoze, eroze	136
9.5.4	Typ C – ztekucení, resp. vnější sufoze	138
9.5.5	Typ D – vznik privilegované průsakové cesty.	140
9.5.6	Posouzení podle mezních stavů	141
10	Hodnocení spolehlivosti ochranných hrází	143
10.1	Úvodní poznámky	143
10.2	Tradiční přístupy	144
10.3	Spolehlivostní hodnocení	146
10.3.1	Kvalitativní analýza	146
10.3.2	Semikvantitativní přístup	152
10.3.3	Kvantitativní hodnocení, riziková analýza záplavového území	152
11	Provádění ochranných hrází	156
11.1	Stavební materiály.	156
11.1.1	Všeobecně	156
11.1.2	Požadavky na stavební materiály.	156
11.2	Zemní práce	157
11.2.1	Přípravné práce	157
11.2.2	Převádění vody při výstavbě	158
11.2.3	Ukládání a hutnění zemin hráze	158
11.3	Kontrola výstavby	159
12	Stavební úpravy na stávajících hrázích	161
12.1	Všeobecně	161
12.2	Zvýšení stability	161
12.3	Protiprůsaková a odvodňovací opatření.	161
12.3.1	Opatření ke snížení prosakovaného množství	162
12.3.2	Odvodňovací prvky	164
12.4	Zvýšení, zpevnění a rozšíření hráze	165
12.4.1	Všeobecně	165
12.4.2	Úprava hráze s rozšířením základové spáry	166
12.4.3	Zvýšení hráze se zpevněním bez rozšíření základové spáry	166
12.4.4	Zvýšení stability bez navýšení hráze	168

13	Provoz a údržba ochranných hrází	169
13.1	Všeobecně	169
13.2	Údržba travního pokryvu	169
13.3	Údržba dřevin	169
13.4	Spásání	169
13.5	Údržba stavebních objektů v hrázi	170
13.6	Ostatní údržbové práce	170
13.7	Ochrana před živočichy	170
14	Dohled na ochranných hrázích	172
14.1	Historické souvislosti	172
14.2	Technickobezpečnostní dohled	172
14.2.1	Všeobecně	172
14.2.2	Metody provádění dohledu	174
14.3	Specifika a problémy při provádění TBD ochranných hrází	175
14.4	Kategorizace ochranných hrází, zvláštní povodeň	177
14.5	TBD na ochranných hrázích IV. kategorie.	177
14.5.1	Prohlídky ochranné hráze.	178
14.5.2	Provozní deník	178
14.6	Podrobný průzkum a prohlídky stávajících hrází	179
14.6.1	Průzkum tělesa hráze a podloží	179
14.6.2	Průzkum místních zvláštností.	179
14.6.3	Vyhodnocení průzkumu a prohlídek	180
14.7	Podrobněji k metodám monitoringu ochranných hrází	183
15	Povodňové zabezpečovací práce.	190
15.1	Přípravné a udržovací práce	190
15.2	Prohlídka hráze při povodni	191
15.3	Činnosti při ochraně ochranných hrází	192
15.3.1	Odvodnění vzdušního svahu ochranné hráze	192
15.3.2	Sesuvy	193
15.3.3	Vyplavování materiálu hráze a podloží	194
15.3.4	Ochrana návodního svahu	195
15.3.5	Porušení účinkem vln	196
15.3.6	Výmoly	196
15.3.7	Uzavření průlomových otvorů v ochranných hrázích	196
15.3.8	Zvyšování hrází mobilními prvky	198
15.3.9	Ochrana hráze před ledem	203
16	Symbolika	205
17	Seznam použitých pramenů	208
18	Seznam zkratek	216
19	Resume	217
20	Rejstřík	219

■ Předmluva

Povodně představují pro země s vysokou urbanizací a životní úrovní největší přímé nebezpečí v oblasti přírodních katastrof a jsou příčinou závažných krizových situací, při nichž vznikají rozsáhlé materiální škody i ztráty na životech obyvatel postižených území. Katastrofické povodňové události posledních let opět ukázaly ničivou sílu vody a poukázaly znovu na aktuálnost problematiky spojené se systematickou ochranou před povodněmi.

Mezi nejčastější strukturální opatření na ochranu před povodněmi patří ochranné hráze umísťované převážně podél vodních toků, ve stísněných urbanizovaných prostorech jsou používány protipovodňové zdi. Spolehlivost těchto opatření je dána především jejich návrhovými parametry, důležitými faktory jsou jejich celkové uspořádání a konstrukční řešení. Vliv na jejich spolehlivost mají také operativní opatření, např. provizorní zvyšování hrází pytlováním nebo sanace břehových nátrží v průběhu povodně. Nezanedbatelná je rovněž kvalita provedení prací, dodržení projektu a také periodické provádění technickobezpečnostního dohledu.

Při hodnocení spolehlivosti ochranných hrází jde zejména o postižení nejistot ve stanovení návrhových parametrů, zejména průtoků s danou dobou opakování, ve vystižení hydraulických poměrů v toku přílehavým výpočtem, nejistot při hodnocení průsakového režimu tělesem a podloží hrází i při provádění a provozu těchto vodních děl. Významnou okolností přitom je značný rozsah, zejména délka ochranných hrází podél vodních toků i v inundačním území a velké množství objektů souvisejících s provozem ochranných hrází, jako jsou např. hrázové propusti, přelivy, shybky, apod.

Druhy poruch ochranných hrází i okolnosti jejich vzniku nebyly s použitím historických záznamů a zkušeností dosud souhrnně zpracovány. Dílčí studie nicméně klasifikují poruchy ochranných hrází a ukazují na jejich nejčastější příčiny, kterými jsou přelití a vnitřní eroze. Výsledky těchto prací vedly v zahraničí v řadě případů k přehodnocení předpisů a také souvisejících provozních postupů vztahujících se k bezpečnosti ochranných hrází. Je zřejmé, že žádné technické dílo, tedy ani ochranné hráze, nemohou být absolutně bezpečné. Vždy existuje určité, mnohdy relativně vysoké riziko jejich porušení. Snahou je z obecného hlediska zajistit adekvátní spolehlivost těchto vodních děl a snížit riziko, které představují, na přijatelnou míru.

Požadavky na ochranné hráze, na jejich koncepční řešení a na konstrukční uspořádání jsou specifikovány v jednotlivých dostupných podkladech, jako jsou technické normy, související závazné předpisy a částečně také odborná literatura. Poslední soubornou publikací týkající se ochranných hrází byla kniha „Kanálové a ochranné hrádze“ profesora Pavola Petera z roku 1975 vydaná v roce 1982 v upraveném vydání nakladatelstvím Elsevier. Dostupné podklady rovněž nepřehlížejí k zahraničním trendům, jejichž snahou je zvyšování spolehlivosti nově navrhovaných i existujících ochranných hrází. Trendy spějí k zařazení možné poruchy ochranné hráze do širšího kontextu rizikové analýzy záplavových území ve smyslu evropské směrnice 2007/60/EC [13].

Lze konstatovat, že v současné době chybí ucelená publikace zabývající se problematikou ochranných hrází a jejich specifiky vyplývajícími zejména z jejich občasného zatížení a výrazně liniového charakteru.

Cílem této publikace, která je současně certifikovanou metodikou pro danou problematiku, je vyplnit výše uvedenou mezeru v podkladech pro návrh, výstavbu, provoz, opravy a modifikace ochranných hrází na vodních tocích. Publikace popisuje a hodnotí současný stav problematiky ochranných hrází a zabývá se otázkami jejich poruch, návrhových parametrů, aspektů výstavby, rekonstrukcí a také provozu a technickobezpečnostního dohledu. Tyto faktory jsou spolu s preventivními opatřeními před příchodem povodně a s operativními činnostmi v jejím průběhu hlavními faktory ovlivňujícími spolehlivost ochranných hrází. Přitom zejména při návrhu hraje významnou

roli způsob vystižení celé škály nejistot jak v podkladech pro návrh, tak ve vlastních návrhových postupech. V současné době je významným činitelem také vliv klimatických změn na odtokové poměry ve vodních tocích, tedy vliv na poskytované hydrologické údaje o povodňových vlnách.

Cílem textu je shrnout problematiku ochranných hrází na vodních tocích a vytvořit tak podklad pro volbu návrhových parametrů a hodnocení jejich bezpečnosti a spolehlivosti. Okrajově je pojednána problematika povodňových zdí. Do textu byla zapracována ustanovení příslušných právních předpisů a norem, popř. byly na vybrané normy učiněny odkazy. Přihlédnuto bylo také k novým poznatkům uvedeným v citované literatuře a k vybraným zahraničním dokumentům. Text je doplněn fotodokumentací a četnými schémata, která mohou být podkladem pro výkresovou dokumentaci. Jednotlivé části jsou doplněny výsledky vlastního výzkumu prováděného zejména v letech 2008 až 2010 v rámci výzkumného projektu NAZV QH81223, dřívějších výzkumných úkolů a praktických realizací a dílčím způsobem i dalších řešených výzkumných projektů.

Publikace je určena projekčním a výzkumným složkám, správcům toků, prováděcím firmám a v neposlední řadě bude sloužit pracovníkům vysokých škol a studentům jako učební pomůcka v souvisejících předmětech bakalářského, magisterského i doktorského studijního programu.

Autor práce děkuje všem spolupracovníkům, spoluřešitelům a externím konzultantům, kteří svými připomínkami, příspěvky a cennými radami napomohli k jejímu sestavení. Jde zejména o Ing. Janu Pařílkovou, CSc. a Zbyňka Zachovala, Ph.D., kteří realizovali experimentální výzkum, jehož výsledky byly v textu použity. Ing. Tomáš Julínek, Ph.D. a Pavla Kozlová provedli překreslení a úpravu většiny obrázků. Zvláštní dík patří recenzentům práce Ing. Karlu Sedlákovu z MZe a Ing. Oldřichu Neumayerovi, CSc. z Pöyry Environment a.s. v Brně za cenné rady a připomínky.

Z technických důvodů nebylo možné publikovat všechny obrázky v barevné verzi. Ta je k dispozici na [www adrese: http://vst.fce.vutbr.cz/publikace/OH_obr.pdf](http://vst.fce.vutbr.cz/publikace/OH_obr.pdf)

■ 1 Úvod

■ 1.1 Všeobecně

Účelem ochranných hrází a povodňových zdí je soustředit vysoké průtoky do mezihrází a zabránit tím zaplavování intenzivněji využívaného území v zahrází až do určitého návrhového průtoku. Budování ochranných hrází je opodstatněno v případech, kdy nelze vytvořit koryto toku s kapacitou odpovídající požadovanému návrhovému průtoku z technických, ekonomických nebo environmentálních důvodů.

Ochranné hráze budované podél vodních toků za účelem ochrany sídel patří k nejstarším vodohospodářským dílům. Jejich budování bylo součástí vodohospodářských úprav toků již několik tisíciletí před naším letopočtem. Dochované památky lze nalézt zejména ve významných centrech starověké kultury, např. ve starověkém Egyptě, Indii nebo Číně. Důmyslné hrázové systémy jsou také součástí rozsáhlých opatření budovaných ve středověku, např. jihočeských vodohospodářských staveb. Soustavnější plánování úprav a ohrázení významných vodních toků, jako jsou Morava nebo Odra, se datují ke konci 19. století. Největší rozvoj v budování ochranných hrází nastal až v první polovině 20. století, kdy motivem byly prakticky vždy významné povodňové události.

Je skutečností, že dříve budované systémy ochranných hrází byly navrhovány převážně na základě empiricky nabytých zkušeností bez hlubších znalostí oborů jako je hydrologie, hydraulika koryt vodních toků a mechanika zemin. Rozvoj těchto disciplín nastal zejména až po II. světové válce, k dalšímu prohloubení znalostí a zkvalitnění návrhů došlo až s rutinním využíváním výpočetní techniky koncem 20. století. Důsledkem těchto faktorů jsou dnes již často nevyhovující návrhové parametry historických hrázových systémů. Jde jak o hodnoty návrhových průtoků, věcnou přesnost hydraulických výpočtů i mnohdy nevhodné použité materiály pro výstavbu ochranných hrází. Dalším nepříznivým faktorem je, že v důsledku urbanizace došlo v řadě lokalit k výrazné změně ve využití území v zahrází a tím i ke změně požadavků na míru ochrany před povodněmi, než tomu bylo v době návrhu a výstavby hrází. Současně se s postupem času změnil náhled na ochranu neurbanizovaných ploch, jako jsou lesní a luční porosty nebo i zemědělsky obdělávaná půda. Trendem je vyhradit tyto často hrázi chráněné plochy pro řízené rozlivy v průběhu povodní. Ochranné hráze totiž oddělují přirozené záplavové území od vodního toku a snižují tak retenční schopnost území a mohou mít nepříznivé účinky na území směrem po proudu. Soustava ochranných hrází musí být proto navržena komplexně s přihlédnutím k funkci souvisejících vodních děl a s ohledem na navazující úseky toku a jejich ochranu před povodněmi.

Z funkce ochranných hrází vyplývají požadavky na jejich vysokou bezpečnost a spolehlivost. Riziko z existence ochranných hrází odpovídá počtu potenciálně zasažených obyvatel a velikosti materiálních škod v území v zahrází. Protože nelze zcela vyloučit možnost selhání ochranných hrází jejich protřazením, je třeba i v chráněném území v zahrází počítat s určitým nebezpečím zaplavení a povodňovým rizikem. Hráze nemohou být dimenzovány z ekonomických a ostatních důvodů tak, aby poskytl úplnou ochranu před extrémními povodněmi.

Nebezpečí porušení ochranných hrází vyplývá z řady faktorů, kterými jsou zejména:

- nedostatky samotné ochranné hráze vyplývající:
 - ze složitosti a omezené poznatelnosti přírodních podmínek, za nichž se hráze budují a provozují (geologické podmínky lokality, klimatické a hydrologické poměry, aj.),

- z vad a chyb při návrhu díla, u starších děl jde zejména o nižší úroveň poznání, vědomostí a zkušeností na úrovni dané doby,
- z nedostatků při provádění ochranných hrází,
- negativní působení lidského činitele, např. provozní závady, nesprávná manipulace s hrázo-
vými objekty, teroristická činnost a další,
- negativní vliv okolí na vodní dílo, např. erozní a abrazní jevy, sesuvy, působení vegetace, apod.

Cílem návrhu, realizace a provozování je vypořádat se s uvedenými faktory na úrovni současného poznání a snížit nebezpečí porušení vodních děl sloužících k ochraně před povodněmi na obecně přijatelnou míru. Přitom je prioritní omezit škody na majetku a životech obyvatel v chráněném území.

■ 1.2 Terminologie

Uvedená terminologie vychází z platných názvoslovných norem a byla projednána širším kolektivem odborníků působících v oboru ochranných hrází. Další související pojmy lze nalézt v příslušných technických normách úprav toků a přehradního inženýrství. Některé termíny jsou obecnějšího charakteru a používají se i v jiných oborech.

Bezpečnost – vlastnost objektu neohrožovat lidské zdraví nebo životní prostředí při plnění předepsané funkce po stanovenou dobu a za stanovených podmínek [ČSN 01 0102].

Berma – část koryta toku mezi kynetou a svahem břehu [ČSN 75 0121].

Břeh toku – postranní část koryta toku (*obr. 1.2*); podle polohy vzhledem k ose koryta, při pohledu po proudu, rozlišujeme pravý a levý břeh [ČSN 75 0121].

Čára

- **břehová** – průsečnice břehu s plochou přilehlého území. Souvislá čára určená hladinou vody, která stačí protékat mezi břehy, aniž by se vylévala do přilehlých území. V případě ohrázaného koryta se jedná o vnitřní hranu koruny ochranné hráze [ČSN 73 6512, ČSN 75 0121].
- **zákazová** – trasa ochranné hráze, jak je uvažována v hydraulickém výpočtu; vyznačuje nejmenší přípustnou vzdálenost hráze od osy koryta nebo od břehu [ČSN 75 0121].
- **záplavová** – průsečnice hladiny vody s terénem při zaplavení území za povodně (při průchodu N -leté povodňové vlny) [ČSN 75 0121].

Deformace filtrační – porušení struktury zeminy v důsledku působení proudící vody na jednotlivá zrna zeminy. Rozeznáváme dva základní typy filtračních deformací – vnitřní erozi a sufozi.

Dílo vodní určené – vodní dílo podléhající technickobezpečnostnímu dohledu [Zákon 254/2001 Sb.].

Doba opakování – počet let, v jejichž průběhu bývá hodnota hydrologického prvku (např. kulminačního průtoku) průměrně jedenkrát dosažena nebo překročena [ČSN 75 1400].

Dohled technickobezpečnostní nad vodními díly (TBD) – zjišťování technického stavu vodních děl sloužících ke vzdouvání nebo zadržování vody, a to z hlediska bezpečnosti, stability a možných příčin jejich poruch [Vyhláška 471/2001 Sb], [4].

Doprovod vegetační – účelové dřevinné a luční porosty, případně jiné porosty, rostoucí na březích (břehové porosty) a podél vodních toků (doprovodné porosty) [ČSN 75 0121].

Drenáž – prvek, který slouží k zachycování vody prosáklé tělesem hráze a podložními vrstvami a ke snížení vertikálních tlakových sil. Jedná se o důležitou součást aktivní ochrany zahrází, ale i podloží tělesa hráze [Peter, 1975].

Eroze – proces rozrušování povrchu vlivem vnějšího působení vody (větru, ledu). Projevuje se přemísťováním a transportem zrn z povrchu zeminy nebo z dutin v zemním masivu. Eroze

vzniká koncentrovaným působením proudící vody. Je typická tím, že se v zemině vytváří volně lokalizované cesty, které nemají plošný charakter. Zemina v okolí cest může zůstat stabilní. Rozlišujeme erozi povrchovou a vnitřní.

- **povrchová** – stav, kdy jsou částice zeminy na povrchu tělesa hráze odnášeny proudem vody,
- **vnitřní** – stav, kdy jsou částice zeminy uvnitř tělesa hráze nebo v podloží odnášeny na vzdušné stranu prouděním prosakující nebo podzemní vody,
- **zpětná** – proces tvorby privilegovaných erozních cest, který může nastat jak při povrchové, tak vnitřní erozi. Ke zpětné erozi dochází v důsledku unášecí schopnosti proudící vody. Zrna jsou postupně odtrhávána a odplavována ze vzdušné, resp. povodní strany působením prosakující vody. Vzniká tak průlina, resp. výmol který se vytváří zpětně proti proudu prosakující, resp. proudící vody až do chvíle kdy se vytvoří spojitá cesta. V případě vnitřní eroze přitom dochází ke zkracování průsakové dráhy a zvyšování hydraulického gradientu.

Etapa ověřovacího provozu – období prvního zatížení vodního díla jako celku vzdušnou vodou, zahrnující vyzkoušení provozu v takovém rozsahu, že lze odpovědně zhodnotit naplnění předpokladů projektu, spolehlivou funkci, bezpečnost, stabilitu a mechanickou pevnost vodního díla [Vyhláška 471/2001 Sb.].

Gradient

- **hydraulický** – gradient piezometrických výšek. V obecném smyslu jde o úbytek energetické výšky na jednotku délky proudu [ČSN 01 1320],
- **kritický** – maximální možná hodnota hydraulického gradientu při níž ještě nedochází ke vzniku filtračních deformací [Istomina, 1957]; kritický gradient je normovou hodnotou odolnosti zeminy vůči filtrační deformaci ve smyslu ČSN 73 0031.
- **připustný** – výpočtová hodnota odolnosti zeminy vůči filtrační deformaci ve smyslu ČSN 73 0031; získá se dělením kritického gradientu součinitelem spolehlivosti.

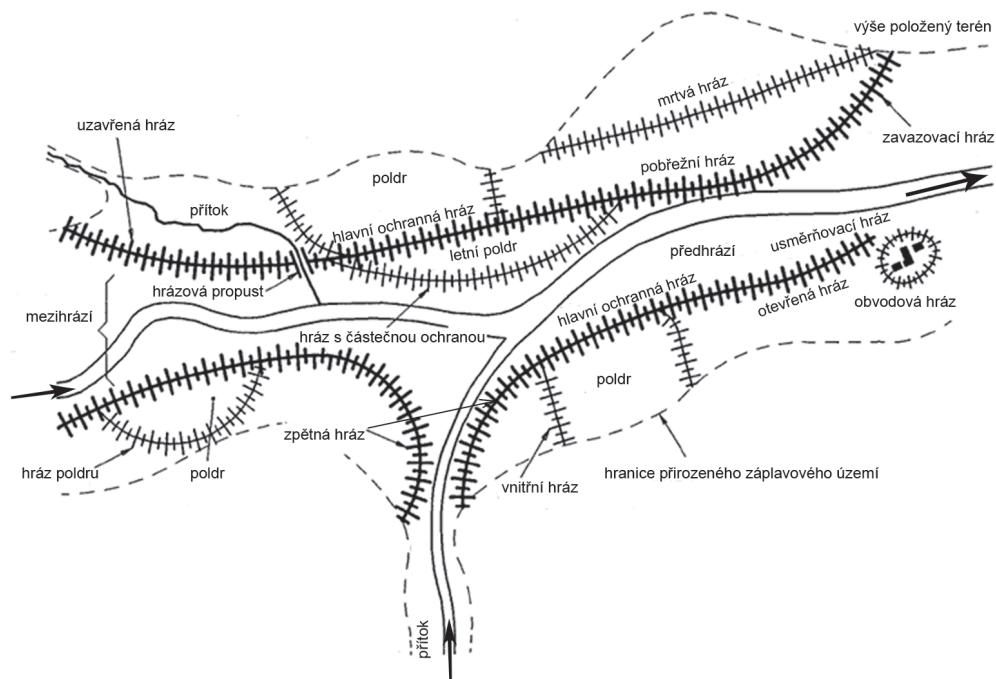
Hladina návrhová – hladina při návrhovém průtoku.

Hodnota

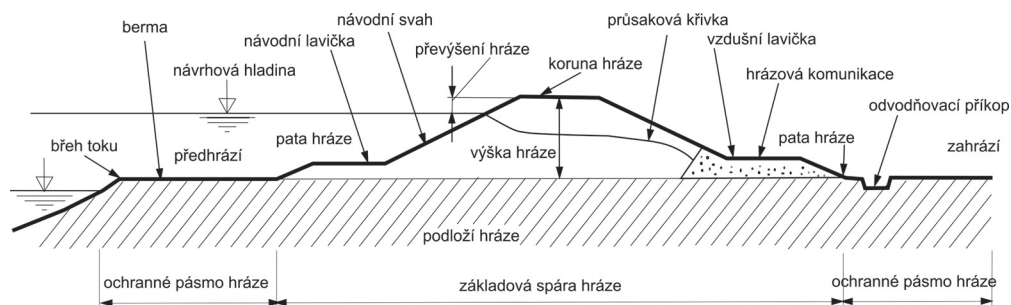
- **kritická** – hodnota veličin popisující jevy a skutečnosti, které signalizují stavy ohrožení bezpečnosti, stability a mechanické pevnosti vodního díla [Vyhláška 471/2001 Sb.],
- **mezní** – předem stanovené limitní hodnoty veličin popisující jevy a skutečnosti na vodním díle, popřípadě jejich časové vývoje pro zvolený zatěžovací stav [Vyhláška 471/2001 Sb.]. Přehled mezních hodnot sledovaných jevů a skutečností ovlivňujících bezpečnost, stabilitu a mechanickou pevnost určeného vodního díla a jím ohroženého území obsahuje program TBD. Zjištění mezních, popřípadě kritických hodnot hlásí obsluha určeného vodního díla neprodleně určené fyzické osobě odpovědné za dohled a pověřené odborně způsobilé osobě.

Hráz ochranná – konstrukce podél vodního toku zajišťující ochranu pozemků a staveb před zaplavením při vysokých vodních stavech. Hráze jsou tvořeny ze zemin a stavebních materiálů, které u tekoucích vod slouží k ochraně inundačního území před povodní a jsou využívány oproti vzdouvacím hrázím pouze při povodni [ČSN 75 0121]. Je možné je dělit následovně (*obr. 1.1*):

- **hlavní** – ochranná hráz s ochranou, která je dimenzována na velké a extrémní povodně [DIN 19712],
- **letní** – hráz sloužící pro ochranu především před menšími a středními povodněmi, které se pravidelně opakují (např. letní přívalové deště). Chrání obvykle zemědělsky využívané plochy a může být za určitých podmínek přelévána [ČSN 73 6512],
- **mrtvá (záložní)** – hráz, která v důsledku úprav toku, morfologických změn nebo úpravy linie protipovodňové ochrany (PPO) ztratila svou funkci, ale může být zachována jako sekundární [ČSN 73 6512a],
- **nápojovací (uzavřená)** – je napojena na obou koncích na výše položený terén,



Obr. 1.1 Typy ochranných hrází (upraveno dle DIN 19712)



Obr. 1.2 K terminologii ochranných hrází (upraveno dle DIN 19712)

- **nouzová (dočasná)** – ochranná hráz zřizovaná jako okamžitá, akutní a nouzové ochranné opatření proti zaplavení [DIN 19712],
- **obvodová (kruhová)** – obklopuje chráněné území ze všech stran [DIN 19712],
- **oddálená** – hráz sloužící ke zvýšení kapacity koryta umělého nebo přirozeného toku, hráz je vybudována v určité vzdálenosti od toku [DIN 19712],
- **otevřená** – je napojena na výše položený terén pouze na horním konci, na dolním konci může být vystavena zpětnému vzduť, a to jak ze strany návodního, tak i vzdušního líce [DIN 19712],
- **pobřežní (přilehlá)** – hráz sloužící k vytvoření koryta umělého toku nebo ke zvýšení břehu přirozeného toku a tím ke zvětšení kapacity jeho koryta; přilehlé ochranné hráze jsou součástí příčného profilu vodního toku [ČSN 75 0121],

- **primární** – hráz, která je navržena na ochranu před velkými a mimořádnými povodněmi [DIN 19712],
- **s částečnou ochranou** – ochranná hráz, která zpravidla chrání zemědělsky využívané plochy před poměrně častými malými a středními povodněmi [DIN 19712],
- **sekundární** – funguje jako druhá hrázová linie, která je obvykle odsazená za primární hrází (obvykle s částečnou ochranou) a zajišťuje vyšší ochranu vzdálenějšího zahrází [DIN 19712],
- **usměrňovací** – ochranná hráz usměrňující povodňový průtok daným směrem [DIN 19712],
- **uzavřená (napojovací)** – ochranná hráz, která je zavázána na obou svých koncích na výše položený terén [DIN 19712],
- **vnitřní** – hráz, která dělí poldr od ostatního zahrází tak, aby se omezily škody při přelití či porušení primární ochranné hráže [DIN 19712],
- **zavazovací (křídlová)** – část hráže, která spojuje hrázový úsek s výše položeným terénem [DIN 19712],
- **zpětná** – hráz prodloužená ve směru proti toku přítoku ohrázaného toku. Zajišťuje ochranu před vlivem zpětného vzduť [ČSN 75 0121].

Kanál – otevřený nebo krytý umělý vodní tok. Tohoto termínu se ve vodním hospodářství užívá také při bližší specifikaci jako odvodňovací kanál, plavební kanál, apod. [Peter, 1975].

Kapacita koryta toku – největší průtok, který proteče daným příčným profilem toku, aniž voda vystoupí z koryta [ČSN 75 0121].

Kategorizace určeného vodního díla – rozdělení určených vodních děl do kategorií. Základním hlediskem je odstupňování klasifikace škod, k nimž by došlo, kdyby se vzdouvací konstrukce určeného vodního díla protrhla při plném vzduť vody [4].

Křivka průsaková – proudnice podzemní vody s nulovou tlakovou výškou.

Křížení – místo, v němž se vodní tok, jeho hráz nebo nádrž protíná v půdorysném průmětu s dráhou, komunikací nebo vedením [ČSN 75 2130].

Lavička – vodorovná nebo mírně skloněná plocha ve svazích břehů nebo ochranných hrází [ČSN 75 0121].

Líc (svah)

- **návodní** – u ochranných a podélných staveb líc přivrácený k střednici koryta, u příčných staveb líc umístěný proti proudu [ČSN 73 6512],
- **povodní** – obdobný význam jako vzdušní líc, užívá se především pro příčné konstrukce v toku pro líc ukloněný po směru proudu,
- **protivodní** – obdobný význam jako návodní líc, užívá se především pro příčné konstrukce v toku pro líc ukloněný proti směru proudu,
- **vzdušní** – u ochranných a podélných staveb líc odvrácený od střednice koryta, u příčných staveb líc umístěný po proudu [ČSN 73 6512].

Mezihrází – pruh území mezi ochrannými hrázemi, kterým protéká vodní tok (*obr. 1.1*) [ČSN 75 0121].

Nebezpečí povodně – situace definovaná povodňovými orgány, povodňovými plány nebo takto označená předpovědní povodňovou službou nebo vyvolaná reálnou situací na toku [TNV 75 2931].

Niva údolní – plochá část dna údolí toku podél vodního toku, tvořená říčními náplavy s kolísající hladinou podzemní vody, s případným výskytem průsakové vody; při povodních bývá zpravidla zaplavována [ČSN 75 0121].

Objekt odběrný – slouží především k zajištění odpovídajícího množství vody pro derivace, kanály, VE, apod.

Odlehčení – odvádění části průtoku do prostoru řízených rozlivů. Odlehčení se uskutečňuje pomocí odlehčovacích ramen, hrázových přelivů, apod.

Ochrana před povodněmi, protipovodňová ochrana (PPO) – soubor opatření k předcházení nebo snížení nežádoucích důsledků povodně [ČSN 75 0101].

Opevnění – soubor opatření a zásahů, jimiž se dosáhne odolnosti koryta a svahů ochranných hrází proti porušování proudící vodou, splaveninami, klimatickými vlivy, apod. Jedná se obvykle o kombinaci vhodného stavebního a vegetačního materiálu na ochranu před porušováním.

Oprava – souhrn činností konaných po poruše za účelem navrácení objektu do provozuschopného stavu [ČSN 01 0102].

Pásmo ochranné – pruh vymezeného území podél vzdušní a návodní paty ochranné hráze.

Poldr – prostor v říčním údolí přilehlý k toku, který po naplnění vodou při povodni plní retenční funkci a snižuje povodňový průtok v toku. Po průchodu povodně se prostor zcela vyprázdní (je suchý) a zpravidla se zemědělsky využívá (obdoba suché nádrže) [ČSN 73 6512, ČSN 75 0121, DIN 19712].

Porost

- **břehový** – dřevinný a luční vegetační doprovod rostoucí na březích vodního toku, který mimo plnění ostatních funkcí vegetačního doprovodu zvyšuje nebo zajišťuje odolnost břehů [ČSN 75 2101],
- **doprovodný** – dřevinný a luční vegetační doprovod rostoucí u toků bez ochranných hrází za břehovou čarou v bezprostřední návaznosti na břehové porosty, u toků s ochrannými hrázemi na předhrází nebo na vhodných lokalitách za hrázemi [ČSN 75 2101].

Povodeň ve vztahu ke vzniku povodňových škod je definována jako přechodné výrazné zvýšení hladiny ve vodních tocích nebo jiných povrchových vodách, při kterém již voda zaplavuje území mimo koryto vodního toku a může způsobit škody. Rozlišuje se povodeň:

- **přírozená** – způsobená přírodními jevy, zejména táním, dešťovými srážkami nebo chodem ledů [Zákon 254/2001 Sb.],
- **zvláštní** – průtoková vlna způsobená umělými vlivy (např. porušením ochranné hráze) [Zákon 254/2001 Sb.],
- **pravděpodobná maximální** – povodeň vyvolaná extrémními odtokovými poměry v povodí, určená maximálním průtokem nebo maximálním objemem na základě reálné superpozice příčinných jevů (příčinné srážky a jejich trvání, nasycenost, infiltrační a retenční kapacita povodí, apod.).

Propust

- **hrázová** – funkční objekt sloužící k převádění vody tělesem ochranné hráze; objekt sestává obvykle z potrubí nebo obráceného betonového polorámu v tělese hráze a z uzávěry,
- **kolmační** – potrubí s uzávěry (nebo jiná konstrukce) v tělese hráze, kterým se napouští voda z koryta na chráněné území v záhrází za účelem kolmace nebo závlahy výtopou [ČSN 75 0121].

Průsak

- **hrází** – celkové množství, které prosákne tělesem hráze za jednotku času [ČSN 75 0125],
- **hrází celkový** – součet průsaku hrází a průsaku podložím [ČSN 75 0125],
- **podložím** – celkové množství, které prosákne podložím hráze, případně zavázáním za jednotku času [ČSN 75 0125]

Průtok

- **návrhový** – smluvený průtok použitý jako podklad pro návrh vodních děl nebo jejich částí (objektů a zařízení), zásahů a opatření [ČSN 75 0101, ČSN 75 0124].
- **kontrolní** – průtok vody vyskytující se při přirozené povodni s požadovanou periodicitou; tento průtok je třeba přes vodní dílo převést, aniž by došlo k jeho protržení [Vyhláška 590/2002 Sb.].

Předhrází – pruh území mezi korytem toku a ochrannou hrází (*obr. 1.2*) [ČSN 75 0121].

Přeliv hrázový – úsek snížené a obvykle opevněné koruny hráze, umožňující přepad vody za průtoků vyšších jak návrhový průtok. Úsek může být přelit, aniž by došlo k úplnému porušení vlastní hráze [ČSN 75 0121].

Převýšení hráze – svislá vzdálenost mezi korunou hráze a hladinou návrhové, popř. kontrolní povodně.

Příslušenství ochranné hráze – zařízení funkčně doplňující ochrannou hráz; k příslušenství hrází náleží přechody, přejezdy, rampy, závory, apod. [ČSN 75 0121].

Souběh – přiblížení dráhy, pozemní komunikace či podzemního nebo nadzemního vedení k vodnímu toku, jeho hrázi nebo vodní nádrži, při kterém může dojít vzájemným působením k ohrožení funkce, k nebezpečí poruch nebo ke vzniku škod [ČSN 75 2130].

Stabilita

- **filtrační** – odolnost proti porušení struktury, resp. stability zeminy v důsledku působení proudící vody na jednotlivá zrna zeminy,
 - **globální** – chápána jako celková filtrační stabilita inženýrského díla, která je charakterizována vznikem spojitých průsakových cest. K hlavním metodám při hodnocení celkové stability patří monitoring stávajících konstrukcí a jeho vyhodnocení, dále pak studium a rozbor příčin poruch, které v minulosti vznikly na provozovaných dílech,
 - **lokální** – odolnost proti vzniku lokální filtrační poruchy materiálu konstrukce či jejího podloží v důsledku místního překročení mezních podmínek v nepříliš rozsáhlých oblastech. Porušení lokální stability může mít neškodný charakter, kdy není ohrožena bezpečnost inženýrského díla jako celku, nebo může vyústit postupným vývojem k celkovému porušení zemní konstrukce. Posouzení podmínek lokální filtrační stability pórovitých materiálů se obvykle provádí na základě laboratorních rozborů vzorků zeminy,
- **polohy** – odolnost konstrukce či jejího podloží vůči porušení v důsledku překročení pevnosti materiálů; v případě zemních těles jde obvykle o překročení pevnosti ve smyku na smykové ploše.

Stav mezní – stav, který se považuje za charakteristický pro popis spolehlivosti konstrukce, popř. objektu. Po překročení mezního stavu nastává porucha konstrukce, základové půdy, popř. objektu [ČSN 73 0020].

Stavba vzdouvací – stavba na vodním toku vzdouvající v něm vodu a vytvářející vodní nádrž nebo zdrž [ČSN 75 0121].

Studna drenážní – slouží k odvodnění podložních vrstev konstrukcí (např. hrází). Studny se vystrojují jako hydrogeologické vrty.

Sufoze mechanická – typ selektivní eroze při níž dochází k vyplavování jemnějších částic zeminy v důsledku mechanického účinku proudění podzemní vody nebo chemických procesů kapaliny a pevné fáze (zeminy); po vyplavení jemnozrnných částic zůstává jen hrubozrnná frakce zeminy (skelet) a v oblasti vyplavování dochází ke zvětšení propustnosti v důsledku zvýšení pórovitosti zeminy. Náchylnější ke vzniku sufoze jsou hrubozrnné zeminy s jemnou výplní nebo zeminy s mezerami mezi částicemi (např. písčité šterky).

- **kontaktní** – vyplavování zrn na styku dvou zemín s rozdílnou zrnitostí, a tím k pronikání zrn jemnější zeminy do pórů hrubozrnnějšího materiálu. Proces může vyústit v porušení skeletu jemnozrnné zeminy a promíchání vrstev s původně různým granulometrickým složením. Kontaktní sufozi lze zabránit zřízením přechodových vrstev (filtrů) vhodného granulometrického složení (obr. 9.8).
- **vnější** – vyplavování zrn z hraniční oblasti na styku zeminy s vnějším prostředím; částice jsou vynášeny z pórovitého prostředí do volného prostoru (vodního toku, na povrch terénu) a mohou být odnášeny proudem vody, čímž se proces urychluje (obr. 9.14),

- **vnitřní** – proces, při němž dochází k vyplavování drobných frakcí z určitého objemu zeminy způsobující zvětšení pórovitosti a propustnosti v zasažené oblasti. Dojde-li k vyplavení větších zrn skeletu, může vnitřní sufoze způsobit sedání zeminy. Vnitřní sufozi je možno zabránit snížením hydraulického gradientu prosakující vody a také řádným zhutněním zeminy (obr. 9.13).

Údržba – kombinace všech technických a administrativních činností, včetně činností technicko-kobezpečnostního dohledu, zaměřených na udržení díla ve stavu nebo jeho navrácení do stavu, v němž může plnit požadovanou funkci.

Úsek přelivný – úsek ochranné hráze (obvykle opevněný), který může být přelit bez trvalých škod na říční hrázi.

Vedení

- **podzemní** – silové a sdělovací kabely, plynovody, produktovody, stoky, vodovodní řady a potrubí všeho druhu uložená pod povrchem terénu [ČSN 75 2130],
- **nadzemní** – silová a sdělovací kabelová nebo drátová vedení a trubní vedení všeho druhu, zavěšená nebo uložená nad povrchem terénu na stožárech, podpěrách, mostech, apod. [ČSN 75 2130].

Vření – lokální nestabilita jemnozrnných nesoudržných zemín v důsledku zvýšeného hydraulického gradientu; snížení efektivního napětí v zemině na vzdušné straně způsobuje tzv. vření částic způsobené sufozí nebo zpětnou erozí.

Vymývání kontaktní (rozmyvání) – uvolňování zrn zeminy v důsledku působení tečných sil vyvolaných prouděním vody.

Výpust v ochranné hrázi – potrubí s uzávěry nebo jiná konstrukce v tělese hráze, která slouží k převedení vody z chráněného území v záhrázi zpět do koryta toku [ČSN 75 0121].

Výška hráze – svislá vzdálenost mezi úrovní koruny hráze a úrovní základové spáry v daném příčném profilu hrází. Není-li v příčném řezu hrází základová spára vodorovná, měří se výška hráze od nejnižší položeného místa základové spáry. Do výšky hráze se nezahrnují ostruhy, těsnicí stěny, apod., jejichž vodorovný rozměr v rovině příčného řezu nepřesahuje 10 m [ČSN 75 0125].

- **nad terémem** – svislá vzdálenost mezi úrovní koruny hráze a nejnižším položeným místem terénu pod tělesem hráze v daném příčném profilu (ve stavu před zahájením stavebních prací).

Zahrázi – představuje území chráněné hrázemi před zaplavením [ČSN 75 0121].

Zanášení (kolmatace) – porušení přirozeného stavu zeminy, při němž dochází k zanášení volných pórů jemnozrnnými částicemi, čímž se zvyšuje objemová hmotnost, zmenšují póry a snižuje průsak.

- **vnitřní** – dochází k němu ve vazbě na vnitřní sufozi,
- **vnější** – zanášení povrchových vrstev v důsledku usazování jemnozrnných částic nesených proudem. Proces probíhá intenzivněji poblíž podzemních odběrů vody (studní) nebo podél toků za zvýšeného vodního stavu.

Zkouška

- **čerpací** – hydrodynamická zkouška, při které se z vrtu, studny nebo jiného objektu odebírá voda čerpáním a sleduje se změna úrovně hladiny podzemní vody [ČSN 73 6532],
- **hydrodynamická** – zkouška, při které se v hloubeném díle (vrtu, studni, šachtě, apod.) hydraulicky působí na zvodněný systém a pozorují se výsledky tohoto působení za účelem určení hydrodynamických parametrů a jiných charakteristik systému [ČSN 73 6532],
- **laboratorní** – zkouška prováděná v laboratoři na vzorcích odebraných v zájmové lokalitě (geotechnické vlastnosti materiálu, síťový rozbor, apod.),

- **nálevová** – druh hydrodynamické zkoušky, při které se vrt plní vodou za atmosférického tlaku a sleduje se pokles hladiny ve vrtu [ČSN 73 6532].

Ztekucení – přetvoření relativně stejnozrné zeminy, kdy při překročení kritické hodnoty hydraulického gradientu klesne efektivní napětí v určitém objemu zeminy prakticky na nulu; část objemu zeminy je „nadvzvednuta“ jako celek a dochází k pohybu všech frakcí zeminy jako směsi zrn s vodou. V případě vynášení jemnozrných částic může ztekucení přecházet ve vření.

■ 2 Předpisy a dostupné podklady

Problematika ochranných hrází, resp. protipovodňových zdí, není v domácích předpisech systematicky zpracována. Dílčí požadavky jsou omezeně uvedeny v závazných zákonných předpisech, v normách pro úpravy vodních toků a v metodických pokynech. V této kapitole jsou v historických souvislostech uvedeny vybrané požadavky jednotlivých předpisů s některými komentáři. Starší předpisy jsou uvedeny zejména z toho důvodu, protože podle nich byly provedeny dříve vybudované ochranné hráze. Pro ilustraci jsou zmíněny německé a rakouské předpisy a jejich vybraná ustanovení.

Pozornost je věnována zejména ustanovením týkajícím se základních návrhových parametrů, kterými jsou míra povodňové ochrany, návrhový a kontrolní průtok a převýšení koruny hráze. Podrobný komentář k těmto základním návrhovým parametrům ve srovnání domácích a zahraničních podkladů s vlastním komentářem je uveden v navazujících kapitolách podrobně se zabývajících jednotlivými dílčími problémy.

■ 2.1 Domácí předpisy

Vodní zákon 254/2001 Sb. jako nejsilnější právní dokument upravující činnosti ve vodním hospodářství vymezuje v § 55 postavení ochranných hrází ustanovením, že hráze a stavby na ochranu před povodněmi jsou vodními díly. Již starší vodní zákon 138/1973 Sb. uvádí, že „je zakázáno těžít zeminy z ochranných hrází, vysazovat na nich dřeviny, pást na nich a přehánět přes ně hospodářská zvířata, jakož jezdit po nich vozidly všeho druhu s výjimkou míst k tomu určených“. Novější vodní zákon 254/2001 Sb. v odstavci (2) § 75 vyjmenovává činnosti při povodňových zabezpečovacích pracích. Z pohledu porušení ochranných hrází se jedná zejména o opatření proti jejich přelití nebo protržení a pak také o provizorní uzavírání protržených hrází.

Vyhláška 471/2001 Sb. vymezuje v § 3 vodní díla podléhající technickobezpečnostnímu dohledu, tzv. určená vodní díla. Patří sem mimo jiné také hráze a ostatní stavby na ochranu před povodněmi. Podle vyhlášky 590/2002 Sb. ve znění pozdějších předpisů se zabezpečuje ochranná hráz proti porušení při jejím přelévání, je-li návrhový průtok vody menší, než je průtok stoletý (Q_{100}). Hodnota návrhového průtoku pro stavbu ochranných hrází je stanovena s ohledem na způsob užívání, a také význam chráněných pozemků a staveb. Při návrhu je třeba posoudit vliv na průtočné poměry v horní části koryta vodního toku. Převýšení ochranné hráze se přitom navrhuje s ohledem na třídu hydrologických údajů, na průtokové poměry koryta vodního toku a na výši možných škod v případě přelití hráze. Při ochraně území na návrhový průtok, který se vyskytuje s periodicitou 100 let, se navrhuje převýšení ochranné hráze 0,3 m až 1,0 m, při ochraně nižší se navrhuje převýšení ochranné hráze do 0,5 m. Šířka koruny ochranné hráze se navrhuje minimálně 3,0 m, pouze u ochranných hrází nižších než 2,0 m je přípustná šířka 2,0 m. Svahy a korunu ochranné hráze je třeba chránit vhodným opevněním, které se navrhuje na základě výpočtu unášecích sil při návrhovém průtoku. Trasa ochranné hráze podél nestabilního koryta vodního toku musí být navržena v takové vzdálenosti od konkávního břehu koryta vodního toku, aby v případě jeho vymílání nebyla ohrožena stabilita a bezpečnost tělesa ochranné hráze. V případě křížení se slepými rameny koryt vodních toků musí být pro zabezpečení filtrační stability s ohledem na únosnost podloží navržena technická opatření, odpovídající příslušným normovým hodnotám.

Dle čl. I, § 5, odst. 6 vyhlášky 590/2002 Sb. v platném znění se požaduje, aby bezpečnost přehrady nebo hráze (bez bližšího určení) za povodně odpovídala převedení kontrolní povodňové vlny dle *tabulky 2.1*.

Tab. 2.1 Požadovaná míra ochrany vodních děl při povodni dle [3]

Skupina vodních děl	Označení výše škody	Kategorie vodního díla	Hodnotící hlediska	Požadovaná míra bezpečnosti vodního díla	
				$P = 1/N$	N
A	Velmi vysoké	I. – II.	Očekávají se značné ztráty na lidských životech	0,0001	10 000
		II.	Ztráty na lidských životech jsou nepravděpodobné	0,0005	2 000
B	Vysoké	III. – IV.	Očekávají se ztráty na jednotlivých lidských životech	0,001	1 000
			Ztráty na lidských životech jsou nepravděpodobné	0,005	200
C	Nízké	IV.	Škody pod vodním dílem a ztráty z užitku	0,01	100
			Ztráty jsou jen u vlastníka, ostatní škody jsou nevýznamné	0,02 až 0,05	50 až 20

Ochranné hráze, které jsou určenými vodními díly a svou funkcí jsou vzdouvacími stavbami, by dle soudobých požadavků měly být zajištěny proti protržení v souladu s přílohou vyhlášky 590/2002 Sb. v platném znění uvedenou v *tabulce 2.1*. Od určitého extrémního – kontrolního průtoku tak ochranná hráz obdobně jako ostatní vzdouvací stavby přehradního typu přestane plnit ochrannou funkci a začne se „starat sama o sebe“. Zajištění požadované bezpečnosti ochranné hráze před jejím protržením v důsledku přelití lze docílit:

- odpovídajícím převýšením koruny hráze nad návrhovou hladinou, kdy by koruna ochranné hráze měla odpovídat kontrolnímu povodňovému průtoku dle *tabulky 2.1* se zahrnutím všech podstatných nejistot návrhu,
- řízeným převáděním vody do zahrází k tomu přizpůsobenými úseky – hrázovými přelivy, které by měly být dispozičně situovány do míst s minimálním potenciálem škod v zahrází.

Technické normy byly historicky publikovány jako oborové (ON), státní (ČSN), odvětvové (ODN) nebo technické (TNV). V případě problematiky ochranných hrází šlo převážně o normy pro úpravy vodních toků v různých modifikacích (úpravy vodních toků, úpravy řek, úpravy potoků, ekologizace úprav vodních toků, apod.). Problematice ochranných hrází byla vymezena vždy samostatná kapitola, v níž byla více či méně podrobně zmíněna ustanovení týkající se ochranných hrází.

První oborovou normou týkající se ochranných hrází byla ON 73 6822 z roku 1964. Tato norma podle dobového náhledu na ochranu před povodněmi hovoří o ochranných hrázích zajišťujících „úplnou“ ochranu, což je dle dnešních poznatků o návrhových parametrech, chování a obecně spolehlivosti ochranných hrází nepřijatelné. Je zřejmé, že žádná opatření před povodněmi (a tedy ani ochranné hráze) nemohou zajistit tzv. „absolutní“ ochranu a vždy představují určité riziko pro území v zahrází. Podle významu a možných dopadů v případě jejich porušení se ochranné hráze jako určená vodní díla zařazují do kategorií a skupin vodních děl. Ochranné hráze podél vodních toků jsou zařazeny obvykle do nejnižší kategorie (IV), resp. skupiny vodních děl (C) podléhající nejmenšímu rozsahu výkonu TBD a představujících oproti jiným hrázovým systé-

mům (přehrady, odkaliště, suché nádrže) nižší spolehlivost ve smyslu návrhových parametrů. Tak například ochranné hráze na řece Moravě byly z tehdejšího hlediska v řadě případů pojmány jako hráze zajišťující „absolutní“ ochranu. Dle [Kadeřábková, Golík, Říha, 2005] bylo však jen od roku 1960 v povodí Moravy evidováno 98 poruch ochranných hrází z důvodu přelítí, tj. překročení návrhové kapacity mezihrází. Přitom největší počet protržených hrází koresponduje s extrémními povodňovými epizodami (např. v letech 1997 nebo 2002).

V roce 1973 byla norma ON 73 6822 nahrazena státní normou ČSN 73 6820, která již hovoří o „návrhovém průtoku“ jako o základním návrhovém parametru ochranné hráze. Pro jeho stanovení norma doporučuje orientační údaje uvedené v *tabulce 2.2*. V případě návrhového průtoku ve výši Q_{100} se pravděpodobnost přelítí považuje za tak malou (cca $P \approx 0,01$), že normou nejsou doporučována opatření proti porušení hráze v důsledku jejího přelítí. U návrhového průtoku menšího než je Q_{100} norma doporučuje zabezpečit hráze proti jejímu porušení při přelítí nebo usměrnit přelévání hrází do míst, která jsou pro tento účel náležitě opevněna. Spolehlivost ochranných hrází je při návrhovém průtoku Q_{100} (oproti nižším návrhovým průtokům) zvýšena minimálním předepsaným převýšením koruny hráze 0,4 m nad stanovenou hladinou. Převýšení se váže k nejistotám v hydrologických datech, nejistotám v hydraulickém výpočtu, nejistotám v geodetických podkladech, změnám morfologie toku (např. v důsledku transportu splavenin), změnám v povrchu území např. v poddolovaných oblastech, k možnosti vzniku větrovných vln, apod.

V roce 1993 byla norma ČSN 73 6820 nahrazena odvětvovou normou ODN 75 2103, která doporučuje při stanovení návrhového průtoku pro návrh kapacity ochranných hrází uvažovat orientační údaje uvedené v *tabulce 2.3*.

Tab. 2.2 Návrhové průtoky pro úpravy toků podle ČSN 73 6820

Druh povrchu a kultur, objekty	Návrhový průtok pro kapacitu koryta (mezihrází)
Souvislá zástavba, průmyslový areál, významné liniové stavby	$> Q_{50}$
Velmi cenná půda, vinice, chmelnice, apod.	$> Q_{20}$
Orná půda	Q_5 až Q_{20}
Louky a lesy	Q_2 až Q_5
Pro odolnost ochranných hrází	Q_{100}

Tab. 2.3 Návrhové průtoky pro úpravy toků podle ODN 75 2103

Druh přilehlých pozemků	Návrhový průtok
Historická centra měst, historická zástavba	$\geq Q_{100}$
Souvislá zástavba, průmyslový areál, významné liniové stavby a objekty	$\geq Q_{50}$
Rozptýlená bytová a průmyslová zástavba a souvislá chatová zástavba	$\geq Q_{20}$
Velmi cenná půda jako sady, chmelnice, apod.	$\geq Q_{20}$
Orná půda (podle její bonity)	Q_5 až Q_{20}
Louky a lesy	Q_2 až Q_5

■ 2.2 Vybrané zahraniční podklady

■ 2.2.1 Německo

V SRN patří mezi základní platné právní dokumenty, týkající se vodního hospodářství, vodní zákon vydaný v roce 1957 [Wasserhaushaltsgesetz, 1957], který má dvě části – o vodním hospodářství a o vodních cestách. Problematika ochranných hrází je zpracována v metodickém pokynu 210/1986 „Ochranné hráze“ [9], který byl v roce 1986 vydán Německým svazem vodního hospodářství a kulturních staveb (DVWK). V roce 2008 byl tento pokyn aktualizován metodickým pokynem DWA M 507 „Hráze na vodních tocích“ [5]. V roce 1993 byl vypracován metodický pokyn 226/1993 „Ekologická hlediska ochranných hrází“ [10]. Lze konstatovat, že s vývojem poznání, ale i ve vazbě na sloučení východního a západního Německa, se jednotlivé předpisy týkající se ochranných hrází měnily a vyvíjely. Přitom kromě „celostátních“ předpisů se uplatňovaly také dokumenty vydávané místními „republikovými“ úřady (např. [7]). V dalším textu je tento vývoj stručně popsán s uvedením základních požadavků ale také některých příkladů demonstrujících určitou nejednotnost v jednotlivých publikovaných dokumentech.

S cílem vytvořit jednotné základy pro novou výstavbu, sanace, údržbu a dozor na ochranných hrázích, byl v roce 1991 sestaven pracovní výbor NAW II 8 „Ochranné hráze“. Jeho práce vyústila v roce 1997 ve vydání normy DIN 19712, která je souborem praktických zkušeností a odborných znalostí získaných z provozu ochranných hrází ve všech spolkových zemích. Norma obsahuje pokyny týkající se tělesa ochranné hráze a jejího podloží, předhrází, zahrází i souvisejících úprav vodního toku. Neplatí pro vzdouvací hráze přehradního typu dle normy DIN 19700, pro přímořské hráze a ochranné hráze v oblasti s působením přílivu a odlivu. Základní návrhové tvarové a rozměrové charakteristiky ochranných hrází vychází dle DIN 19712 z úrovně hladiny vody při návrhové povodni a z převýšení.

V SRN jsou dle normy DIN 19700 všeobecně pro vodní díla stanoveny dva tzv. „návrhové“ povodňové průtoky BHQ_1 a BHQ_2 . BHQ_1 lze ve smyslu naší terminologie označit za návrhový průtok, při kterém je zaručena stabilita vodního díla a odolnost proti jeho porušení. Průtok BHQ_2 lze charakterizovat jako tzv. kontrolní průtok stanovený pro spolehlivost vodních děl při extrémních povodních [Říha aj., 2008]. Přitom je možné počítat s poškozením konstrukcí, provozních, měřicích a dalších zařízení, aniž by však došlo k ohrožení stability vzdouvací stavby a k jejímu úplnému porušení (protržení hráze).

Obdobně jako v České republice je v Německu prováděno zařazení vodních děl do kategorií. Přitom se vychází především z parametrů (výška vzdouvací konstrukce a zadržený objem), dále pak z celkového významu vodního díla a potenciálu ohrožení samotného díla a území pod ním. Zajímavostí je, že se dle příslušných částí normy DIN 19700 provádí samostatná kategorizace pro přehradu, povodňové retenční nádrže a jezy. Ochranné hráze jsou dle [5] členěny do tří tříd. Předpisy týkající se kategorizace nejsou na území SRN zcela jednotné. Tak např. norma DIN 19700 rozlišuje dvě kategorie přehrad, republikový prováděcí předpis [7] rozlišuje podrobněji čtyři kategorie přehrad, kdy I. a II. kategorie odpovídá členění dle DIN 19700, kategorie III a IV jsou vyhrazeny pro malé a velmi malé přehradu.

Předepsané doby opakování N průtoků BHQ_1 a BHQ_2 pro jednotlivé kategorie přehrad a povodňových retenčních nádrží jsou uvedeny v *tabulce 2.4*.

Tab. 2.4 Doba opakování N u jednotlivých kategorií vodních děl dle DIN 19700 a [7]

Kategorie vodního díla	Přehrady dle DIN 19700-11			Retenční nádrže dle DIN 19700-12		
	Velikost	Doba opakování N		Velikost	Doba opakování N	
		BHQ_1	BHQ_2		BHQ_1	BHQ_2
I.	velké	1 000	10 000	velké	1 000	10 000
II.	střední	500	5 000	střední	500	5 000
III.	malé	200	1 000	malé	200	1 000
IV.	velmi malé	100	500	velmi malé	100	500

Dle metodického pokynu [5] jsou ochranné hráze členěny do tří tříd dle *tabulky 2.5* v závislosti na jejich výšce a potenciálu škod, který se liší podle způsobu využití chráněného území (*tab. 2.6*). Od třídy ochranné hráze se následně odvíjí geotechnická kategorie dle příslušných předpisů.

Tab. 2.5 Klasifikace ochranných hrází dle výšky a potenciálu vzniku škod [5]

Klasifikace hrází		Potenciál vzniku škod dle tab. 2.6		
		Vysoký	Střední	Malý
Výška hráze h_h	≥ 3 m	Třída I.	Třída II.	Třída II.
	$3 \text{ m} > h_h \geq 1,5$ m	Třída I.	Třída II.	Třída III.
	$1,5 \text{ m} > h_h > 0$ ¹⁾	Třída I.	Třída III.	Třída III.

Při dlouhé době zatížení a /nebo u sklonů svahů $1 : m = 1 : 2$ a strmějších může být hráz zařazena do číselně nižší třídy. U kratší doby zatížení a /nebo u mírnějšího sklonu svahu ($m > 3$) lze provést zařazení do číselně vyšší třídy.

¹⁾ Nulová výška hráze odpovídá jejímu zavázání do terénu.

Při stanovení návrhového průtoku dle normy DIN 19712 musí být brán ohled na hospodářská, technická, ekologická a urbanistická hlediska. Návrhový průtok je zpravidla volen na základě doby opakování kulminačního průtoku. Rozhodujícími faktory jsou přitom:

- potřeba ochrany ohrázaného území s ohledem na možné ztráty na životech, zdraví lidí a na majetku,
- požadavky přírody a krajiny,
- náklady na budování ochranných hrází.

Při hustě zastavěném průmyslovém a osídleném území se obvykle volí $N > 100$. Doporučené doby opakování dle [5] korespondující zhruba s českými podklady jsou uvedeny v *tabulce 2.6*.

Významným návrhovým parametrem při návrhu ochranných hrází je převýšení hráze. Je definováno jako svislá vzdálenost mezi korunou hráze a návrhovou hladinou (BHM). Převýšení tvoří nahnání vody větrem, výška výběhu vlny a bezpečnostní rezerva (DIN 19712, [5]).

Převýšení koruny hráze dle DIN 19712 by nemělo být menší než 0,5 m. Snahou je směřovat případné přelití hráze při překročení návrhových parametrů do míst s menší výškou hráze. Pokud je cílem zabránit zaplavení a následnému poškození jednotlivých úseků ochranné hráze při překročení návrhové hladiny, může převýšení růst s výškou hráze. V případě, kdy se dají účinky vln a větru považovat za zanedbatelné, postačí většinou při výšce hráze nad 5 m převýšení 1 m.